



UNIVERSIDAD DE MURCIA

FACULTAD DE VETERINARIA

Acciones Tecnológicas para Mejorar la Calidad Nutricional y
Sensorial de los Caramelos de Goma

Dña. Paola Susana Delgado Estrella
2017

“Este trabajo es resultado de un contrato predoctoral de formación del personal investigador financiado por la Consejería de Educación y Universidades de la CARM, a través de la Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia”.



AGRADECIMIENTOS

Se cierra un ciclo materializado en un libro, un libro que cuenta el camino pero no a los caminantes, que en mayor o menor medida contribuyeron a alcanzar lo que en un inicio fue una ilusión y que finalmente se convirtió en un reto.

Para empezar, mi mayor agradecimiento y promesa de compensación es para Claudia y Valentina, mis superheroínas infalibles que apuestan siempre por mí, por ser la inspiración de cada acción y de esta realidad, por ser mis principales compañeras, todo es por y para ellas. A mi mami y mi papi, muros indestructibles donde apoyarse, consolarse o buscar una sombra que cobije para recobrar el aliento, gracias por ser moldeadores incansables. A mis hermanos, Ingrid, Lis y Fabricio por su apoyo incondicional.

A mi director y a la Fundación Séneca por darme la oportunidad de formarme. A Antonio y Carmen y su plural, a todos mis compañeros, esos intrépidos investigadores que un día también se embarcaron en este camino, los panchuquis, Jor y Adri; Rafa, Esther y Sandra; los de al lado, Rocío, Maca, Miriam, Mariella, Pedro, Khalid y Victor, las de arriba, Yolanda y Naiara; a las nuevas, Leticia, Irene, Mariado y Bouchra. Gracias por los momentos compartidos, los buenos y los malos, sobre todo por el blablablá y por el jajaja. Al personal del departamento, profesores, personal de administración, mis alumnos internos, Ibán, Pepe Tomás, Carmen, Raquel y Pablo, alumnos de TFG/TFM, José Juan, María y Blanca, a los alumnos del panel de catadores expertos, al SACE y su personal Pepe y María José, a Jake y a Antonio López por su máxima colaboración.

A todos los que pasaron, se asomaron y se quedaron, a los que ya estaban y seguirán estando, todo grano cuenta si es de arena. GRACIAS a todos por preguntar, por animar, por alentar, por desestresar, por el seguimiento y la constancia, en fin, por estar ahí.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. SITUACIÓN ACTUAL	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. CARAMELOS	11
2.2. CARAMELOS DE GOMA	12
2.2.1. Ingredientes	13
2.2.2. Proceso de fabricación	34
2.2.3. Factores que afectan la calidad	36
2.3. CARAMELOS FUNCIONALES	39
2.3.1. Marco legislativo	40
2.4. INGREDIENTES DE INTERÉS NUTRICIONAL Y SENSORIAL CON POTENCIAL USO EN CARAMELOS DE GOMA	42
2.4.1. Derivados de fruta	42
2.4.2. Colorantes naturales	43
2.4.3. Fibra dietética	53
2.4.4. Edulcorantes	62
2.4.5. Vitaminas	67
2.5. MÉTODOS PARA EVALUAR GELIFICANTES, COLORANTES Y EDULCORANTES EN LOS CARAMELOS DE GOMA	70
2.5.1. Medidas de textura instrumental	70
2.5.2. Medidas de reflectancia	76
2.5.3. Evaluación sensorial	77
2.5.4. Medidas para determinar fibra dietética	80
3. OBJETIVOS	83
4. MATERIALES Y MÉTODOS	87
4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	89
4.2. ELABORACIÓN DE CARAMELOS DE GOMA	98
4.2.1. Formulación	98
4.2.2. Proceso de elaboración	101
4.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS	105
4.3.1. Análisis físico-químico	105
4.3.2. Análisis de textura	108
4.3.2.1. Análisis del perfil de textura	108
4.3.2.2. Evaluación sensorial	109
4.3.3. Análisis nutricional	113
4.3.3.1. Determinación de azúcares	113
4.3.3.2. Determinación de inulina/oligosacáridos	113

4.3.4. Análisis microbiológico	114
4.3.5. Modelo estadístico	114
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	117
5.1. ENSAYO 1: INCORPORACIÓN DE DERIVADOS DE FRUTA	119
5.1.1. Caracterización físico-química de los derivados de fruta	119
5.1.2. Efecto de la incorporación de derivados de fruta sobre las características físico-químicas de los caramelos de goma	120
5.1.3. Efecto de la incorporación de derivados de fruta sobre las características cromáticas de los caramelos de goma	129
5.1.4. Efecto de la incorporación de derivados de fruta sobre el perfil de textura de los caramelos de goma	142
5.1.5. Efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre la calidad de los caramelos de goma	151
5.2. ENSAYO 2: SUSTITUCIÓN DE COLORANTES AZOICOS POR NATURALES (ensayos previos)	160
5.2.1. Efectos sobre el color de los caramelos de goma	160
5.2.2. Estabilidad del color de los caramelos durante el almacenamiento	169
5.2.3. Efecto de las condiciones de almacenamiento (luz natural y oscuridad) sobre la estabilidad del color de los caramelos	182
5.3. ENSAYO 3: INCORPORACIÓN DE INULINA	190
5.3.1. Efecto de la incorporación de inulina sobre la calidad de los caramelos de goma	190
5.3.2. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre la calidad de los caramelos de goma	196
5.3.3. Efecto de la incorporación de crema de inulina sobre la calidad de los caramelos de goma	204
5.4. ENSAYO 4: SUSTITUCIÓN DE AZÚCARES POR FOS Y EDULCORANTES	211
5.4.1. Efecto de la sustitución de azúcares sobre la calidad de los caramelos de goma	213
5.4.2. Estudio de deterioro de los caramelos de goma con fibra y edulcorantes	220
6. CONCLUSIONES	233
7. RESUMEN/ABSTRACT	237
8. REFERENCIAS	241
9. ANEXOS	277
Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties. CyTA - Journal of Food	
Effects of replacing starch by inulin on the physicochemical, texture and sensory characteristics of gummy jellies. CyTA - Journal of Food	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades de gelatinización de almidones de maíz nativos y modificados con ácido	20
Tabla 2. Propiedades funcionales de las gelatinas animales	21
Tabla 3. Colorantes sintéticos permitidos en la Unión Europea y USA	31
Tabla 4. Condiciones de uso de colorantes artificiales en confecciones dulces	33
Tabla 5. Caracterización de la textura de geles de pectina, gelatina y almidón	37
Tabla 6. Lista de los colorantes naturales regulados por la Unión Europea	45
Tabla 7. Parámetros de aplicación de colorantes naturales en el sector de confecciones de azúcar.	47
Tabla 8. Efectos nutricionales y potenciales beneficios saludables de los fructanos tipo inulina.	56
Tabla 9. Aplicaciones y funciones de la inulina.	58
Tabla 10. Fibras dietéticas y materias primas empleadas en sistemas gelificados	61
Tabla 11. Valor calórico (kcal/g), poder edulcorante e índice glucémico de polialcoholes	65
Tabla 12. Comparativa de la tolerancia de los polialcoholes	65
Tabla 13. Características de los polialcoholes	66
Tabla 14. Revisión bibliográfica sobre parámetros de medida de tpa en geles dulces	75
Tabla 15. Ensayo 1. Incorporación de derivados de fruta	94
Tabla 16. Ensayo 2. Sustitución de colorantes azoicos por naturales	95
Tabla 17. Ensayo 3. Incorporación de inulina	96
Tabla 18. Ensayo 4. Sustitución de azúcares por fos y edulcorantes	97
Tabla 19. Formulación de caramelos de goma de ensayos 3 y 4	100
Tabla 20. Parámetros y unidades de medida del análisis del perfil de textura	109
Tabla 21. Atributos sensoriales y escalas de referencia usadas durante el entrenamiento de los panelistas para el QDA de caramelos de goma	111
Tabla 22. Caracterización tecnológica de los concentrados y derivados de fruta empleados para fabricar los caramelos de goma	119
Tabla 23. Efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre los parámetros físico químicos de los caramelos de goma	125
Tabla 24. Efecto de la dosis de concentrado de uva tinta sobre los parámetros físicos químicos de los caramelos de goma	126
Tabla 25. Efecto de la dosis de concentrado de piña sobre los parámetros físicos químicos de los caramelos de goma	127
Tabla 26. Efecto de la dosis de concentrado de manzana sobre los parámetros físicos químicos de los caramelos de goma	127
Tabla 27. Efecto de la dosis de puré de frambuesa sobre los parámetros físicos químicos de los caramelos de goma	128
Tabla 28. Efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre las coordenadas del color de los caramelos de goma	132
Tabla 29. Efecto de la dosis de concentrado de uva tinta sobre las coordenadas de color de los caramelos de goma	134
Tabla 30. Efecto de la dosis de concentrado de piña sobre las coordenadas de color de los caramelos de goma	136

Tabla 31. Efecto de la dosis de concentrado de manzana sobre las coordenadas de color de los caramelos de goma	138
Tabla 32. Efecto de la dosis de puré de frambuesa sobre las coordenadas de color de los caramelos de goma	140
Tabla 33. Efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre el perfil de textura de los caramelos de goma	146
Tabla 34. Efecto de la dosis de concentrado de uva tinta sobre el perfil de textura de los caramelos de goma	147
Tabla 35. Efecto de la dosis de concentrado de piña sobre el perfil de textura de los caramelos de goma	148
Tabla 36. Efecto de la dosis de concentrado de manzana sobre el perfil de textura de los caramelos de goma	149
Tabla 37. Efecto de la dosis de puré de frambuesa sobre el perfil de textura de los caramelos de goma	150
Tabla 38. Efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre los parámetros físico químicos de los caramelos de fresa con concentrado de uva blanca	155
Tabla 39. Efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre las coordenadas de color de los caramelos de fresa con concentrado de uva blanca	156
Tabla 40. Efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre el perfil de textura de los caramelos de fresa con concentrado de goma de uva blanca	157
Tabla 41. Efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre la calidad de los caramelos de fresa optimizados	158
Tabla 42. Efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre la calidad sensorial de los caramelos de fresa optimizados	159
Tabla 43. Combinaciones acuosas de colorantes naturales equivalentes a los colorantes artificiales usados en los caramelos de goma	160
Tabla 44. Efecto de los colorantes sobre el color de los caramelos de goma almacenados con luz natural durante 7 días	162
Tabla 45. Efecto de los colorantes sobre el color de los caramelos de goma almacenados en la oscuridad durante 7 días	166
Tabla 46. Comparativa del aroma y sabor de los caramelos de goma elaborados con colorantes naturales y artificiales	169
Tabla 47. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de fresa almacenados con luz natural	172
Tabla 48. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de frambuesa almacenados con luz natural	173
Tabla 49. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de naranja almacenados con luz natural	174
Tabla 50. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de melocotón almacenados con luz natural	175
Tabla 51. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de fresa almacenados en oscuridad	177
Tabla 52. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de frambuesa almacenados en oscuridad.	178

Tabla 53. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de naranja almacenados en oscuridad	179
Tabla 54. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de melocotón almacenados en oscuridad	180
Tabla 55. Efecto de la dosis de inulina (0, 3 y 6%) sobre la calidad de los caramelos de fresa con concentrado de uva blanca	191
Tabla 56. Efecto de la dosis de inulina sobre la calidad sensorial de los caramelos de fresa con concentrado de uva blanca	192
Tabla 57. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre el contenido en humedad, sólidos solubles y el pH de los caramelos de goma	197
Tabla 58. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre la textura instrumental (y sensorial de los caramelos de goma	199
Tabla 59. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre el color CIEL*a*b* y el color rojo de los caramelos de goma	203
Tabla 60. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre los atributos de sabor de los caramelos de goma	203
Tabla 61. Tratamientos mecánicos empleados para elaborar la crema de inulina	206
Tabla 62. Efecto de la adición de crema de inulina sobre la textura instrumental de los caramelos de fresa	209
Tabla 63. Combinaciones de maltitol e isomalt ensayadas	213
Tabla 64. Comparativa de las propiedades físico-químicas de los caramelos control y optimizados nutricionalmente	215
Tabla 65. Comparativa de la valoración sensorial realizada por los consumidores en los caramelos control y optimizados	216
Tabla 66. Comparativa de la aceptabilidad mostrada por los consumidores para los caramelos control y optimizados nutricionalmente	218
Tabla 67. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los parámetros físico-químicos relacionados con la deshidratación de los caramelos de goma control y optimizados	223
Tabla 68. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la textura instrumental de los caramelos de goma control y optimizados	225
Tabla 69. Correlaciones de pearson entre variables físico-químicas y de textura instrumental en los caramelos control y optimizados almacenados en el tiempo	232

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición en azúcares de distintas confecciones azucaradas	12
Figura 2. Perfil de gelificación de almidones nativos de maíz	17
Figura 3. Mecanismos de gelatinización del almidón	18
Figura 4. Pérdida de la fuerza del gel de gelatina a 60°C en función del pH y del tiempo	23
Figura 5. Pérdida de la fuerza del gel de gelatina a pH 5,5 en función de la temperatura y del tiempo	23
Figura 6. Empleo de colorantes naturales dentro del sector de productos de azúcar y confecciones de goma.	47
Figura 7. Curva de análisis de un perfil de textura	74
Figura 8. Formatos de caramelos de goma: naranja, fresa, melocotón y frambuesa	98
Figura 9. Etapas de fabricación (formado, secado y encerado) de caramelos de goma a escala piloto	103
Figura 10. Esquema de fabricación de caramelos de goma a escala industrial	104
Figura 11. Ficha para evaluación sensorial de consumidores	112
Figura 12. Caramelos de goma elaborados con 0% (arriba) y 10% (abajo) de concentrado de uva blanca	133
Figura 13. Caramelos de goma elaborados con 0% (arriba) y 10% (abajo) de concentrado de uva tinta	135
Figura 14. Caramelos de goma elaborados con 0% (arriba) y 10% (abajo) de concentrado de piña	137
Figura 15. Caramelos de goma elaborados con 0% (arriba) y 10% (abajo) de concentrado de manzana	139
Figura 16. Caramelos de goma elaborados con 0% (arriba) y 10% (abajo) de puré de frambuesa	141
Figura 17. Gama de colores proporcionados por las combinaciones de colorantes naturales y artificiales	168
Figura 18. Influencia de la luz sobre el color de los caramelos (fresa y frambuesa) con rojo Allura, rojo Cochinilla y extractos vegetales almacenados durante 6 meses	184
Figura 19. Influencia de la luz sobre el color de los caramelos (naranja y melocotón) con tartracina con rojo Allura, Curcumina con rojo Cochinilla y con extractos vegetales y oleoresina almacenados durante 6 meses.	185
Figura 20. Proporción relativa (expresadas en porcentaje) de azúcares simples identificados en los caramelos de goma con 3 y 6% de inulina	194
Figura 21. Texturas obtenidas gracias a un proceso de homogenización de una solución de inulina a diferentes concentraciones	208
Figura 22. Combinaciones de maltitol e isomalt tras 1 semana de almacenamiento	213
Figura 23. Representación de la valoración de los atributos sensoriales realizada por los consumidores en los caramelos control y optimizados	216
Figura 24. Representación de la aceptabilidad mostrada por los consumidores para los caramelos control y optimizados	218
Figura 25. Representación de la preferencia de mostrada por los consumidores para los caramelos control y optimizados	219
Figura 26. Representación del efecto del tiempo de almacenamiento sobre los valores de humedad, sólidos solubles totales y actividad de agua de los caramelos de goma	

control (0) y optimizados (1)	224
Figura 27. Representación del efecto del tiempo de almacenamiento sobre la textura instrumental de los caramelos de goma control (0) y optimizados (1).	227

LISTADO DE ABREVIATURAS

CAE	Código Alimentario Español
CE	Comisión Europea
EFSA	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria
FOS	Fructooligosacáridos
FSA	Agencia Británica de Seguridad Alimentaria
IDA	Ingesta diaria admisible
LSM	Medias de mínimos cuadrados
OGM	Organismos genéticamente modificados
QDA	Análisis cuantitativo descriptivo
SCF	Comité Científico para la Alimentación Humana
TPA	Análisis del perfil de textura
UE	Unión Europea

UNIDADES DE MEDIDA

Variables	Unidades
Humedad	$\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$
Actividad de agua	0-1 UA
Sólidos solubles	° Brix
pH	0-14 $-\log H$
Acidez Titulable	$\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$
Densidad	g ml^{-1}
Luminosidad (L^*)	CIE $L^*a^*b^*$
Rojo-verde (a^*)	
Amarillo-azul (b^*)	
Saturación (Croma)	
Tinte (°Hue)	0- 2π rad
Dureza	N
Gomosidad	N
Masticabilidad	N mm
Cohesividad	UA
Elasticidad	mm
Adhesividad	N mm
Mohos y Levaduras	$\log \text{ ufc } \text{g}^{-1}$
Color rojo	UA: unidades arbitrarias
Dureza	
Tiempo de recuperación (inverso elasticidad)	
Sabor fresa	
Sabor mosto	
Sabor ácido	
Sabor dulce	
Dureza	
Masticabilidad	
Gomosidad	
Adhesividad	

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Las golosinas son productos de confitería elaborados a base de azúcar y otros ingredientes cuya producción se encuentra ampliamente desarrollada debido a su bajo coste de fabricación, larga vida útil y diversidad de texturas, colores y sabores, que las hacen muy atractivas para los consumidores. España es uno de los principales productores europeos de caramelos y chicles, aunque se sitúa en los últimos lugares en consumo. La industria del dulce española se caracteriza por un elevado nivel de innovación y desarrollo en un mercado caracterizado por su dinamismo, alta concentración empresarial y una moderada implantación de multinacionales que coexisten con un elevado número de PYMES. La Asociación Española del Dulce indicó en su último informe anual del 2015 que el tamaño del Sector de caramelos y chicles creció un 7,4% en volumen de producción destinado al mercado nacional respecto del año anterior. Así, la producción total anual superó las 264.000 toneladas y el consumo ascendió a 149.597 toneladas. Dentro del sector de caramelos y chicles, los caramelos blandos representaron un 28,9% del total durante 2015 acaparando la mayor parte de las ventas. En total, el valor de los caramelos y golosinas consumidos en España estuvo ligeramente por encima de 17,5 euros/persona y año (Informe Produlce 2016).

En los últimos años, el consumo de golosinas viene mostrando una tendencia positiva de consumo a pesar de que éste debería ser ocasional por motivos nutricionales, ya que son alimentos muy calóricos, con un gran aporte de hidratos de carbono simples, pero escasos en otros nutrientes (proteínas, vitaminas, minerales o fibra). Diversos estudios sobre hábitos alimentarios en niños y adolescentes españoles coinciden en el excesivo consumo de golosinas, bollería industrial y todo tipo de dulces por parte de este sector de población. Los medios de comunicación, las modas y la falta de tiempo, entre otros factores, hacen que cada vez con más frecuencia se sustituya un almuerzo o merienda equilibrados por productos de menor valor nutricional. El perfil de los consumidores, tradicionalmente niños, muestra un cambio en los últimos años con la irrupción en la demanda de un público más adulto, registrándose los mayores niveles de

consumo en hogares con hijos mayores, parejas jóvenes y amas de casa mayores, según señala el Informe de Alimentación en España (MAPAMA, 2015).

1.2. SITUACIÓN ACTUAL

Numerosos expertos han señalado la necesidad de mantener una dieta sana y equilibrada que incorpore los nutrientes necesarios para un correcto desarrollo del organismo y para mantener una adecuada actividad física y mental. El abuso de los dulces puede tener consecuencias sobre la salud de la población infantil y juvenil. Así, una ingesta elevada de azúcares libres está asociada con una mayor ganancia de peso y a un mayor riesgo de padecer, obesidad, diabetes y caries dental. La Organización Mundial de la Salud a través de su nueva directriz sobre la ingesta de azúcares para adultos y niños (OMS, 2015) ante esta situación recomienda no consumir más del 5% de la ingesta calórica total en forma de azúcares libres, es decir, 100 kcal como máximo, lo cual corresponde a 25 g de azúcar, tanto en adultos, como en niños. Las autoridades sanitarias son conscientes de que la ingesta de una dieta baja en azúcares y con un alto contenido en fibra dietética es más saludable (Hu, 2013; Kaiser et al., 2013; Klurfeld, 2013) y existen pruebas científicas evidentes de los beneficios para la salud otorgados por el consumo de fibra, tal como han indicado diversas agencias alimentarias en diversos informes (Comité Científico Asesor sobre Nutrición "SACN", 2008; Autoridad Europea de Seguridad alimentaria "EFSA", 2009, 2010 y 2014, Health Canadá, 2010; Lattimer y Haub, 2010; Consenso de Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética y Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad "FESNAD-SEEDO", 2011; Guarner et al., 2011). Así, las recomendaciones van dirigidas hacia la sustitución general de azúcares en la dieta por productos con bajo contenido en azúcares (<6 g azúcar) y alto contenido en fibra (>2 g de fibra) (Chomitz et al., 2010). Actualmente, la EFSA establece una ingesta de fibra dietética de 25 g/día, a pesar de ello, la dieta de los españoles es deficiente en fibra; según la ENIDE (Encuesta Nacional de Ingesta Dietética, 2012) menos del 6,8% de la población consume los niveles recomendados.

Ante este panorama, la calidad nutricional de las golosinas se ubica cada vez en el punto de mira de los consumidores que manifiestan más interés hacia opciones más saludables y naturales. La industria del sector de caramelos y golosinas conoce bien la actual situación y se encuentra en constante evolución centrando sus esfuerzos en desarrollar nuevos productos con mejores propiedades nutricionales destinados a satisfacer las nuevas demandas de los consumidores. Las estrategias a aplicar pueden llegar a ser más o menos radicales, desde reducir o sustituir determinados ingredientes “problemáticos”, hasta desarrollar golosinas “funcionales” que contribuyan a mejorar la dieta. Entre las estrategias empleadas para mejorar la calidad nutricional de las golosinas destacan la reducción o eliminación de azúcares añadidos por edulcorantes, la introducción progresiva de ingredientes naturales (colorantes, derivados de fruta y antioxidantes) y el enriquecimiento con fibras dietéticas y vitaminas.

La sustitución del azúcar por **edulcorantes** es una práctica que actualmente gana terreno gracias a propuestas que vienen de parte de la UE a través de programas como “Horizonte 2020”, donde apoyan el desarrollo de alimentos a base de edulcorantes para reducir e inclusive, en algunos casos, suprimir los azúcares de los alimentos transformados. La sustitución de grandes cantidades de azúcar por cantidades equivalentes en peso de edulcorantes se puede realizar con polialcoholes como sorbitol, maltitol, xilitol, isomalt, entre otros. Estos edulcorantes de carga suelen ser bajos en calorías, aportan un dulzor natural y suave, y además se emplean con otros fines tecnológicos distintos de la edulcoración, ya que son higroscópicos, humectantes y proporcionan sensación de “cuerpo o textura” a los alimentos. Desde un punto de vista nutricional, estos polialcoholes son excelentes sustitutivos de la sacarosa, ya que son mucho más fáciles de digerir, se metabolizan poco a poco y se absorben de manera incompleta. Sin embargo, el procesado de polialcoholes presenta ciertas dificultades técnicas debido a que modifican las propiedades reológicas de las masas y los productos finales.

La incorporación de **fibras alimentarias** es otra estrategia muy extendida en las formulaciones de muchos alimentos ya que, además de contribuir a su

enriquecimiento en fibra dietética, proporcionan propiedades tecnológicas interesantes, como capacidad de retención de agua, capacidad de fijación de grasa, viscosidad, capacidad de gelificación y capacidad para mejorar la textura (Cui y Roberts, 2009). A pesar de ello, el empleo de fibras alimentarias puede presentar problemas derivados de su interacción con otros componentes de la matriz alimentaria que pueden afectar a la textura, el sabor y otras características de calidad de los caramelos y golosinas.

Junto con el enriquecimiento en fibra alimentaria, muchos fabricantes de caramelos y golosinas han optado por añadir purés o **concentrados de fruta** como reclamo nutricional. Los concentrados de fruta proporcionan sobre todo azúcares, al igual que el jarabe de glucosa, pero también aportan pequeñas cantidades de otros componentes interesantes, como polifenoles y compuestos aromáticos. En general, los concentrados de fruta no son una fuente abundante de vitaminas, debido a su destrucción previa, y no pueden reemplazar a los refuerzos vitamínicos empelados en estos productos. El empleo de concentrados de fruta sólo tiene sentido si se consigue aportar colores o sabores frutales “naturales” detectables por los consumidores. Un aspecto interesante es que el contenido final en fruta puede ser recogido en la etiqueta de los productos, realzando sus potenciales beneficios nutricionales.

Ampliamente usados en la industria de las golosinas, los **colorantes artificiales** vienen experimentando un creciente rechazo por parte de los consumidores. La problemática surgió a partir de un estudio encargado por la Agencia Británica de Seguridad Alimentaria (FSA) a la Universidad de Southampton en 2006, en el que se sugería una relación entre el consumo de ciertos colorantes artificiales (rojo Allura, rojo Cochinilla, Tartracina, entre otros) autorizados por la Unión Europea (UE) y un aumento de la hiperactividad infantil. Este problema fue recogido por el Reglamento (CE) Nº 1333/2008 en cuyo Art. 24 especifica los requisitos de etiquetado para los alimentos que contienen determinados colorantes azoicos, que deben incluir a modo de información adicional la siguiente leyenda: “nombre o número E del/de los colorante (s): puede tener efectos negativos sobre la actividad y la atención de los niños”. Por razones obvias, esta

declaración nutricional no beneficia a productos como los caramelos y golosinas, lo que está llevando a la industria a reemplazar gradualmente los colorantes azoicos por otros colorantes de origen natural (ácido carmínico, extractos vegetales, capsantina, licopeno, etc.), si bien éstos tienen diferentes propiedades tecnológicas y sensoriales y, por tanto, pueden modificar la calidad de los productos finales (gama de colores, estabilidad, sabores anómalos, etc.).

Con independencia de cuestiones nutricionales, la **calidad sensorial** de las golosinas es un aspecto que no se puede descuidar, ya que la gran aceptación de la que gozan se debe principalmente a la diversidad de formas, texturas, colores llamativos, y apetitosos sabores dulces y afrutados. Por tanto, cualquier estrategia encaminada a mejorar la calidad nutricional de las golosinas deberá considerar este aspecto.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CAMELOS

Los productos dulces nacen como resultado de la necesidad del hombre de encontrar una comida ligera que sirviera de sustento a sus largos viajes, algo pequeño, ligero pero que también aporte energía. Fue en 1850 cuando en Estados Unidos dio comienzo la producción industrial de productos dulces, pero en España, no se implementó hasta 1930. El comercio internacional de este tipo de productos se ha desarrollado a gran velocidad debido a que sus productos tienen una larga vida útil y no necesitan almacenamiento controlado de temperatura. Las confecciones azucaradas incluyen un grupo diverso de productos tales como chocolate, gomas de mascar y caramelos duros y blandos.

En España la elaboración de caramelos viene regulada por el Real Decreto 348/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba la norma de calidad para caramelos, chicles, confites y golosinas, esta norma deroga el Reglamento 1810/1991, Sanitario y Técnico vigente anteriormente y establece lo siguiente:

Caramelos: productos alimenticios obtenidos por concentración o mezcla de azúcares o aditivos edulcorantes a los que se les añaden o no otros ingredientes.

Se distinguen las siguientes variedades:

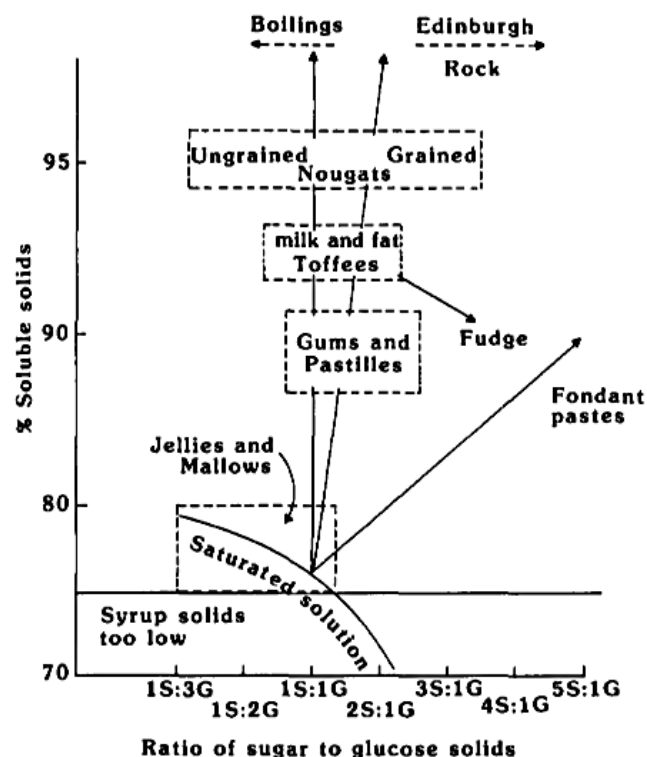
- Caramelos duros o caramelos propiamente dichos: aquellos cuya composición y proceso de elaboración les confiere una estructura vítrea y frágil.
- Caramelos blandos o masticables: aquellos cuya composición y proceso de elaboración les confiere una textura blanda o masticable. Dentro de este grupo se incluyen, entre otros, las pastillas o toffees.
- Caramelos comprimidos: caramelos cuya forma y tamaño se obtiene por compresión, elaborados por simple mezcla, sin cocción de sus ingredientes.
- Caramelos o pastillas de goma: caramelos de consistencia gomosa a los que se les incorporan gomas u otros gelificantes. En este grupo se incluyen entre otras, la denominación de Frutas Niza, que son caramelos o pastillas de

goma en los que el gelificante se sustituye total o parcialmente por pulpa de fruta

2.2. CAMELOS DE GOMA

Desde un punto de vista tecnológico, los caramelos de goma (en inglés, jellies) (**figura 1**) son dispersiones acuosas de sacarosa y jarabes de glucosa combinados con agentes gelificantes, ácidos, aromas y colorantes, disponibles en una amplia variedad de formas y colores. Se caracterizan por tener una textura blanda y masticable conferida por un gel a base de gelatina (Warnecke, 1991; Burey et al., 2009) aunque pueden contener otros agentes gelificantes, como es el caso del almidón o la pectina. La elección del agente gelificante tiene un gran impacto sobre la calidad del producto final y por tanto debe recibir atención especial. Por ejemplo, los caramelos de goma elaborados con almidón se caracterizan por un gel firme y quebradizo (Burg, 1998).

Figura 1. Composición en azúcares de distintas confecciones azucaradas.



Los caramelos de goma son considerados geles compuestos y como tal, los diferentes agentes empleados para la gelificación de los mismos le proporcionan una textura única y ciertas características para su manipulación (DeMars y Ziegler, 2001; Burey et al., 2009).

2.2.1. Ingredientes

AZÚCARES: SACAROSA Y JARABE DE GLUCOSA

El dulzor es una característica intrínseca de los caramelos de goma, los cuales se pueden elaborar con azúcares de distinta procedencia. Muchas plantas contienen azúcares en sus tejidos, pero sólo se utilizan la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) para extraer azúcar a escala comercial (Manley, 2011). Existen muchas variedades de azúcares con diferentes características, colores y tamaños de cristales y por tanto, con diferentes funcionalidades, por lo que es importante elegir el azúcar adecuado para la formulación correcta en función de la aplicación. Por definición, las confecciones dulces como los caramelos de goma incluyen productos que contienen predominantemente una u otra forma de los siguientes azúcares: sacarosa (generalmente azúcar de caña o de remolacha); dextrosa (también conocida como glucosa, generalmente azúcar de maíz); fructosa (a menudo referida a un azúcar de fruta) o lactosa (también conocida como azúcar de leche) (Zumbé et al., 2001).

Debido a que la sacarosa y la glucosa son relativamente baratas y abundantes, las confecciones azucaradas comerciales suelen contener este tipo de azúcares. La sacarosa, bajo su forma granulada no cristalina, se añade a los caramelos de goma principalmente por su función edulcorante. Adicionalmente, se usa como agente de peso incrementando el volumen del producto final, aportando cuerpo y sensación de boca. El jarabe de glucosa, además de aportar dulzor, tiene la función de reducir la actividad de agua por debajo del nivel necesario para el crecimiento microbiano, evitando así dar lugar a fermentaciones y contaminaciones microbiológicas indeseables durante la vida útil de los caramelos

y garantizando la estabilidad de los mismos (Lees, 1980; Jackson, 1995;). Las combinaciones de sacarosa y jarabe de glucosa se usan frecuentemente debido a que el jarabe de glucosa mejora la solubilidad de la sacarosa y retrasa su cristalización (Edwards, 2000), contribuyendo así a la textura y a las propiedades sensoriales típicas del caramelo. Durante el almacenamiento, los caramelos experimentan cambios físicos que pueden dar lugar a la cristalización de la sacarosa, y una forma de ralentizar dicho proceso es emplear de jarabes de glucosa de alta viscosidad (menor contenido en agua o grado de equivalencia más alto) (Lees, 1980).

Aunque la adición de azúcares a sistemas gelificados como los caramelos de goma no forma parte de la red de polímeros, sí que afecta a la morfología y comportamiento del gel (Morris, 1985), por tanto, los conceptos básicos sobre gelificación de sistemas acuosos no son válidos para este tipo de matrices con elevado contenido en azúcares. La presencia de azúcares tiende a desestabilizar los geles formados con polisacáridos a niveles de 40-60%, Chang et al., (2004) demostró que ciertos azúcares a concentraciones bajas pueden plastificar el almidón y reducir la firmeza; por el contrario, a los mismos niveles o incluso superiores, refuerzan la estabilidad de la red formada por geles de gelatina (Kasapis et al., 2003, 2004). Así mismo, los azúcares retienen osmóticamente el agua, reducen el valor de actividad de agua y pueden por lo tanto prolongar la vida útil del alimento en cuestión (Belitz y Grosch, 1999). Los azúcares líquidos pueden retener más humedad que el azúcar integral, que puede contener más humedad que el azúcar blanco granulado. Gunaratne et al., (2007) encontraron que la sacarosa y la glucosa pueden aumentar tanto la temperatura de gelatinización como la dureza del gel en los geles de almidón de trigo.

AGENTES GELIFICANTES

Las gomas más importantes utilizadas como agentes gelificantes dentro de la industria alimentaria incluyen alginato, pectina, carragenanos, gelano, gelatina, agar, almidón modificado, metil celulosa e hidroximetilcelulosa (Saha y

Bhattacharya, 2010). En sistemas alimentarios gelificados con un elevado contenido en sólidos (azúcares) los hidrocoloides más frecuentemente utilizados son la gelatina, el almidón y la pectina, los cuales aportan atributos estructurales diferentes (Kasapis et al., 2003). Los agentes gelificantes empleados en la formulación de los caramelos de goma van a dar lugar a geles con una amplia variedad de estructuras y texturas, por ello, el conocimiento de las condiciones requeridas para la constitución del gel de dicho agente, solo o en combinación con otros co-gelificantes, junto con las interacciones con co-solutos presentes en la matriz, van a cobrar una especial importancia a la hora de desarrollar las formulaciones de estos productos.

- **ALMIDÓN**

El almidón es el más importante carbohidrato de reserva producido por las plantas y constituye el principal componente de muchos alimentos, en los que puede tener un impacto significativo sobre su estructura, textura y estabilidad durante el almacenamiento (Gonera y Cornillon, 2002). En la industria alimentaria su uso está extendido, bien sólo o en combinación con otros agentes gelificantes para espesar y ligar alimentos (Belitz y Grosch, 1999), proporcionando una amplia gama de productos gelificados entre los que se incluyen los caramelos de goma. Otras ventajas tecnológicas atribuidas al uso del almidón son su capacidad de unión al agua, y su capacidad para aportar viscosidad, volumen y estabilidad a las matrices alimentarias (Damodaran et al., 2008). Los almidones nativos y modificados forman parte de las formulaciones de muchos alimentos procesados y contribuyen a la estructura de diferentes alimentos semi-sólidos, mejorando así la sensación grasa y las propiedades de retención de agua (Hermansson y Svegmark, 1996).

El papel que juega el almidón en los productos gelificados es proporcionar la base de la estructura del gel y, por tanto, de muchas de sus características texturales. Las propiedades físicas del almidón, tales como la viscosidad, la temperatura de gelatinización y la velocidad de retrogradación, dependen en gran medida de la

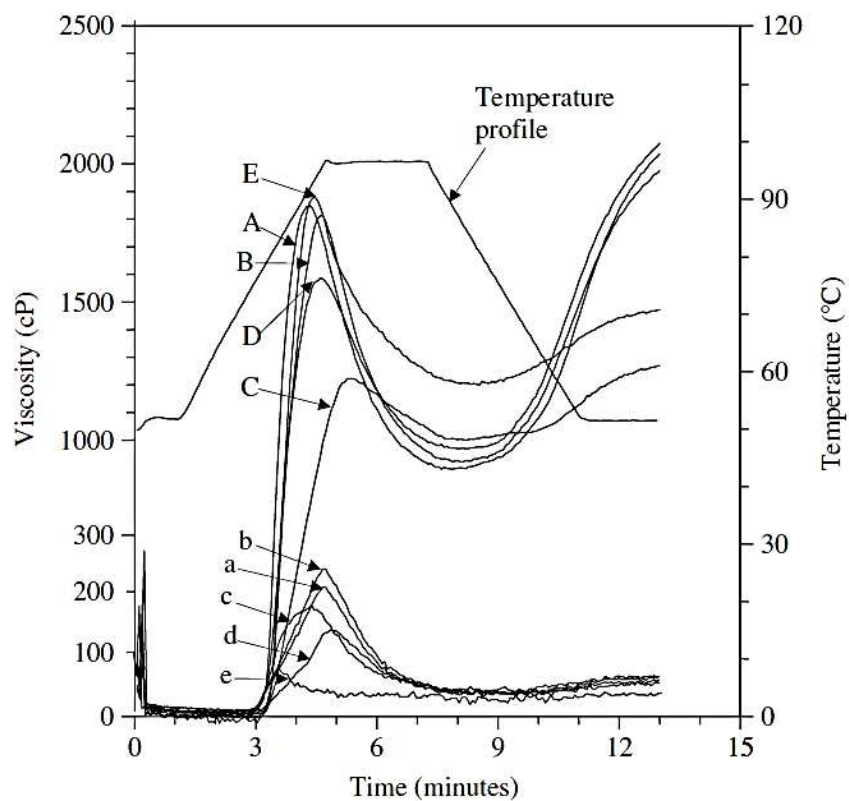
fuente vegetal del almidón (Burey et al., 2009). Para la confección de caramelos de goma se han desarrollado almidones especiales que proveen características físicas y sensoriales únicas (Warnecke, 1991). Los almidones tratados con ácido (E-1401) son los más usados por las ventajas tecnológicas que ofrecen gracias a su baja viscosidad a alta temperatura (Ellis et al., 1998; Singh et al., 2007a), lo que facilita que puedan ser agitados y bombeados con más facilidad reduciendo el gasto energético. Además, proporcionan atributos específicos que los hacen más resistentes a las condiciones de procesado como elevada temperatura, agitación y pH ácido.

El almidón tratado con ácido se prepara tratando una suspensión de gránulos de almidón con pequeñas cantidades de ácidos inorgánicos y calentando a una temperatura por debajo de la temperatura de gelatinización, lo que produce una hidrólisis parcial y controlada de la molécula de almidón (Lees, 1980). Cuando se alcanza el grado requerido de corte de la cadena, es decir, se obtiene un producto de viscosidad deseada, el ácido es neutralizado y el producto final es recuperado por centrifugación o filtración, lavado y secado. Comúnmente, los ácidos empleados para el tratamiento del almidón modificado son el ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico (Fleche, 1985; Pomeranz, 1991). Este tipo de modificación química se realiza para alterar la naturaleza de las interacciones entre las cadenas de polisacáridos en el almidón. (Hermansson y Svegmarm, 1996). Wang y Wang (2001) estudiaron las propiedades físico-químicas de almidones modificados con ácido de diferentes orígenes (maíz, patata y arroz) y encontraron que el tratamiento afectó las propiedades sin destruir la estructura de sus gránulos en función de su origen. Las diferencias que presentan los almidones modificados con ácido respecto de los almidones nativos dependen de la concentración de ácido utilizada y del tiempo de hidrólisis ácida (Wang et al., 2003).

La hidrólisis ácida da lugar a una estructura menos unida y a una disminución del peso molecular de algunas de las cadenas aumentando el contenido en grupos aldehído libre, la solubilidad de los gránulos y minimizando la sinéresis (Whistler y Daniel, 1990). Además, la superficie de los gránulos de almidón se vuelve más áspera y disminuye el contenido de amilosa de los gránulos,

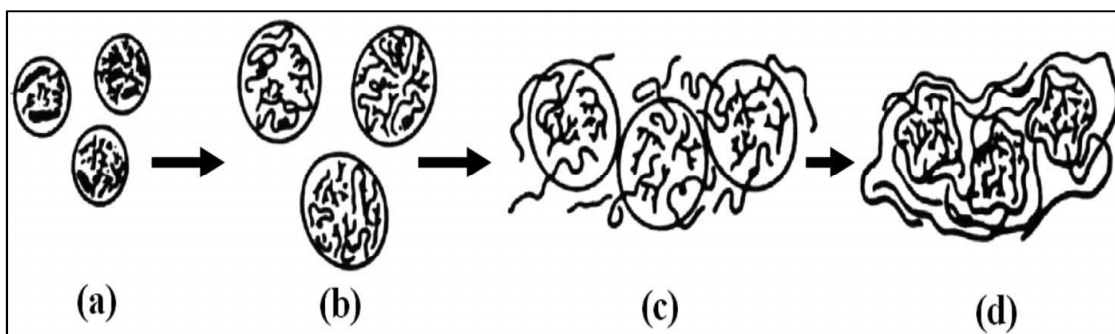
ya que la amilosa es más fácilmente escindida por acción de la hidrólisis ácida que la amilopeptina (Atichokudomchai et al., 2000). Como consecuencia, se reduce la cristalinidad del almidón, mejorando su procesado en aplicaciones alimentarias. Aunque el tratamiento con ácidos sólo hidroliza una parte de los enlaces glicosídicos del almidón, los gránulos tratados son más solubles en agua caliente (Belitz y Grosch, 1999) y se desintegran más fácilmente cuando se cocinan, como resultado se obtiene una pasta caliente de viscosidad baja (**figura 2**) y un gel con más viscosidad que otros almidones modificados (Hermansson y Svegmarm, 1996). La modificación ácida permite utilizar el almidón a una concentración más alta de sólidos para conseguir una gelificación rápida y proporciona un gel con una textura más elástica y con propiedades flexibles (Zallie, 1988).

Figura 2. Perfil de gelificación de almidones nativos de maíz (A: African tall, B: Girja, C: Partap, D: Vijay, E: LM6) y almidones modificados con ácido (a: African tall, b: Girja, c: Partap, d: Vijay, e: LM6). Sandhu et al. (2006).



El proceso más importante que se produce durante el calentamiento de los gránulos de almidón en presencia de agua es la gelatinización (**figura 3**), donde los gránulos se hinchan de forma irreversible. La gelatinización del almidón es una propiedad físico-química que requiere atención en la confección de caramelos gelificados. El almidón gelifica por un mecanismo de configuración del gel en caliente, por tanto, requiere de la aplicación de calor (Saha y Bhattacharya, 2010). Los geles obtenidos de este proceso exhiben diferentes propiedades físicas dependiendo de la fuente botánica del almidón, la cantidad de agua, el cizallamiento aplicado y otros componentes añadidos (Gonera y Cornillon, 2002). Tras la gelatinización, los cambios sobre las propiedades físicas de los geles conducen a la retención de agua, formación y/o mejora de la textura, estabilidad de las emulsiones y estabilidad durante el almacenamiento.

Figura 3. Mecanismos de gelatinización del almidón. a) gránulos de almidón; b) hinchamiento de los gránulos por aplicación de calor y humedad; c) lixiviación de amilosa y d) formación de la matriz gelificada de almidón. Burey et al. (2009).



Otros componentes de la matriz alimentaria (azúcares, sales, lípidos, tensoactivos, polifenoles y el agua) pueden alterar la gelatinización del almidón, modificando así la estructura del gel y sus propiedades (Chinachoti, 1995; Mohamed y Rayas-Duarte, 2003). Las interacciones químicas dinámicas, tales como la unión iónica, los puentes de hidrógeno y las interacciones hidrófobas, que

ocurren entre los componentes del gel (lípidos, proteínas, etc.) y el almidón, determinan una variedad de propiedades físico-químicas en los alimentos gelificados (Chinachoti, 1995). El contenido en solutos afecta a la viscosidad y traslucidez, e incrementa la temperatura de gelatinización del almidón. Este incremento está correlacionado con la masa molar de los azúcares, de modo que, por ejemplo, la sacarosa tiene un mayor efecto sobre el aumento de la temperatura de gelatinización que la glucosa, a la misma dosis. En general, los azúcares retienen una cantidad específica de agua haciéndola indisponible para el proceso de gelatinización, por tanto, prolongan el proceso, ya que los gránulos de almidón tienen que competir por el agua disponible. Por ejemplo, la sacarosa y glucosa aumentan, tanto la temperatura de gelatinización, como la dureza, en los geles de almidón de trigo, siendo este efecto más pronunciado en el caso la sacarosa (Gunaratne et al., 2007). Slade y Levine (1988) sugirieron que los azúcares tienen un efecto antiplastificante como co-disolventes en comparación con el agua, dando como resultado una mayor energía requerida para gelatinizar el sistema.

El proceso de gelatinización del almidón tratado con ácido va a variar dependiendo de la fuente del almidón nativo (**tabla 1**). En el caso de los almidones de cebada y maíz, la modificación de la molécula de almidón con ácido puede debilitar la formación de gel resultante si se calienta a más de 90 °C, debido a que hay más cantidad de amilopectina libre en la fase continua de la pasta de almidón hidrolizada (Virtanen et al., 1993). El calentamiento a 98 °C puede corregir este problema a medida que la amilosa se libera más fácilmente en los gránulos. Virtanen et al. (1993), encontraron que el gel formado por almidón de avena modificado con ácido, aunque menos rígido, era más elástico que el correspondiente gel de almidón nativo.

Como resultado de la modificación ácida del almidón se obtienen geles térmicamente irreversibles y opacos que muestran propiedades deseables para su empleo en caramelos de goma: (i) mayor estabilidad frente al ácido y al calor; (ii) tiempo de gelificación más corto que el de los caramelos de gelatina; (iii) incremento de la solubilidad en agua; y (iv) mayor claridad y resistencia. La temperatura de gelatinización del almidón y la amplitud de su endoterma

(intervalo de temperaturas sobre el cual se gelatiniza el almidón) van a aumentar con el tratamiento de hidrólisis ácida (Shi y Seib, 1992).

Tabla 1. Propiedades de gelatinización de almidones de maíz nativos y modificados con ácido. Sandhu et al. (2006).

Variety	Native						Acid thinned					
	T_o (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH_{gel} (J/g)	PHI	R	T_o (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH_{gel} (J/g)	PHI	R
<i>Normal com</i>												
African tall	67.4±0.4 ^{bc}	71.5±0.6 ^b	76.5±0.4 ^b	11.6±0.2 ^a	2.82±0.05 ^b	8.2±0.3 ^a	68.2±0.4 ^b	72.6±0.3 ^b	75.4±0.4 ^a	10.6±0.2 ^{ab}	2.41±0.03 ^b	8.8±0.4 ^{ab}
Girja	65.6±0.3 ^a	69.9±0.4 ^a	75.1±0.3 ^a	11.3±0.3 ^a	2.62±0.05 ^b	8.6±0.3 ^a	66.9±0.6 ^a	71.6±0.3 ^a	74.5±0.4 ^a	10.2±0.3 ^a	2.17±0.04 ^{ab}	9.4±0.3 ^b
Partap	68.3±0.5 ^c	73.3±0.5 ^c	79.3±0.5 ^d	11.7±0.3 ^a	2.34±0.04 ^a	9.9±0.2 ^b	69.2±0.3 ^c	74.6±0.6 ^c	79.3±0.6 ^c	10.9±0.2 ^b	2.01±0.02 ^a	10.8±0.2 ^c
Vijay	66.9±0.3 ^b	71.9±0.4 ^b	77.9±0.4 ^c	11.7±0.2 ^a	2.34±0.05 ^a	9.8±0.4 ^b	68.7±0.5 ^{bc}	73.9±0.5 ^c	77.6±0.5 ^b	10.2±0.3 ^a	1.96±0.03 ^a	10.4±0.2 ^c
<i>Waxy com</i>												
LM6 x waxy	71.4±0.5 ^d	75.4±0.3 ^d	80.9±0.5 ^e	13.5±0.2 ^b	3.37±0.03 ^c	7.9±0.3 ^a	70.2±0.5 ^d	74.5±0.3 ^c	81.1±0.6 ^d	12.4±0.4 ^c	2.88±0.04 ^c	8.6±0.3 ^a

T_o = onset temperature, T_p = peak temperature, T_c = conclusion temperature, ΔH_{gel} = enthalpy of gelatinization (dwb, based on starch weight), R = gelatinization range $2(T_p - T_o)$, PHI = peak height index $\Delta H_{gel}/(T_p - T_o)$.

^AMeans followed by same superscript within a column do not differ significantly ($P < 0.05$).

^BMean (\pm standard deviation) of triplicate analysis.

- **GELATINA**

La gelatina animal se elabora a partir del colágeno presente en la piel y los huesos de los animales y se trata de una proteína compuesta por aminoácidos como prolina, hidroxiprolina, alanina y glicina, constituyendo esta última aproximadamente un tercio de la molécula (Mitchell, 1976). Se trata de un biopolímero obtenido por degradación hidrolítica y tiene amplias aplicaciones en la industria alimentaria (**tabla 2**) (Chiellini et al., 2001).

La gelatina animal es uno de los agentes gelificantes más usados, ya que, entre otras cosas, es relativamente barato y existe un suministro continuo de materia prima (Harris et al., 2003). La gelatina a baja concentración forma geles de alta calidad con texturas típicas que se funden en la boca, mientras que a alta concentración da lugar a geles estables con una textura gomosa y elástica. La gelatina se emplea principalmente en los alimentos como agente gelificante en productos listos para comer que se conservan en refrigeración (por ejemplo,

mousse, bagatelas, etc.) y como ingrediente seco o gel altamente concentrado (pastillas de frutas, malvavisco) en otro tipo de productos (Harris et al., 2003). La gelatina animal es un agente gelificante tradicionalmente empleado en la confección de los caramelos de goma. Por ejemplo, las confecciones gelificadas, como los osos de goma, contienen un porcentaje relativamente alto de gelatina y se disuelven más lentamente en la boca, lo que alarga el disfrute de los dulces mientras suaviza el sabor.

Tabla 2. Propiedades funcionales de las gelatinas animales.

Function	Application
Gel former	Gelled desserts, lunch meats, confectionery, pate, consommé, aspics
Whipping agent	Marshmallows, nougats, mousses, soufflés, chiffons, whipped cream
Protective colloid	Confectionery, icings, ice creams, frozen desserts and confections
Binding agent	Meat rolls, canned meats, confectionery, cheeses, dairy products
Clarifying agent	Beer, wine, fruit juices, vinegar
Film former	Coating for fruits, meats, deli items
Thickener	Powdered drink mixes, bouillon, gravies, sauces, soups, puddings, jellies, syrups, dairy products
Process aid	Microencapsulation of colors, flavors, oils, vitamins
Emulsifier	Cream soups, sauces, flavorings, meat pastes, whipped cream, confectionery, dairy products
Stabilizer	Cream cheese, chocolate milk, yogurt, icings, cream fillings, frozen desserts
Adhesive agent	To affix nonpareils, coconut and other items to confections, to bond layered confections together, to bind frostings to baked goods, to bind seasonings to meat products.

La gelatina se extrae del colágeno mediante una hidrólisis controlada en medio ácido o alcalino. La gelatina derivada de un precursor tratado con ácido se conoce como Tipo A y la gelatina derivada de un proceso tratado con álcali se conoce como Tipo B (Harrington y Morris, 2009). Las gelatinas comerciales consisten en proteínas de gelatina en un alto estado de pureza, si bien contienen materias no proteicas, como cenizas minerales y humedad (Harris et al., 2003). El único aditivo que a veces se incorpora durante la fabricación es el dióxido de azufre, utilizado como inhibidor de la degradación del color durante la extracción y la evaporación y no como un conservante. También hay una pequeña proporción

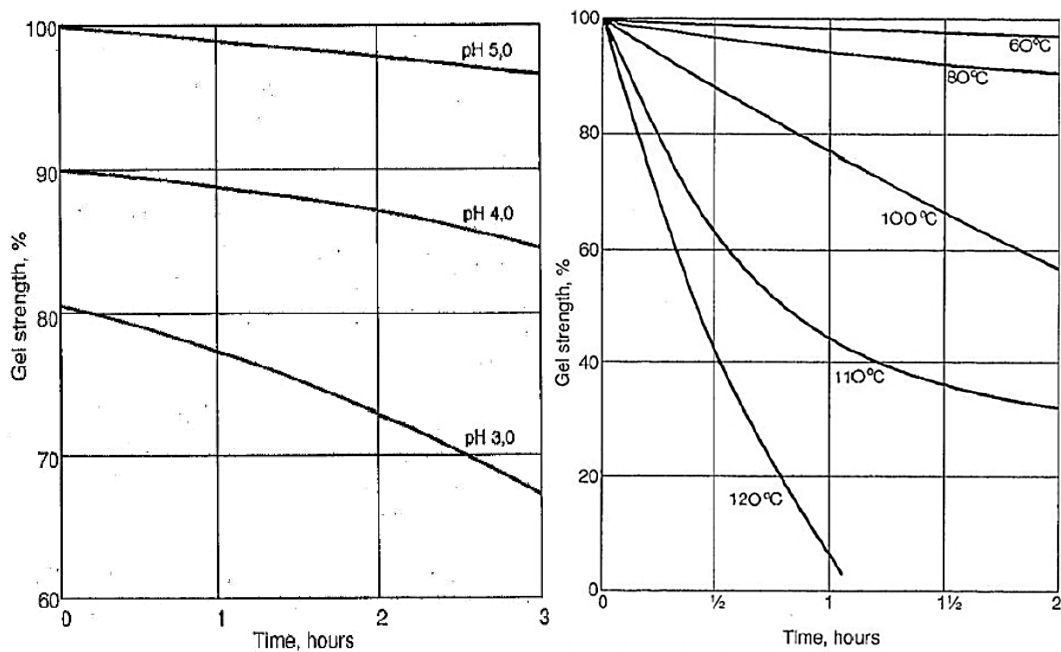
de carbohidratos (1-1,5%) en forma de glucosa y galactosa unida a gelatina en residuos de hidroxilisina.

Una de las propiedades más importantes de la gelatina es la formación de geles termorreversibles en agua. Para formar el gel de gelatina, la gelatina primero se disuelve en agua a una concentración mayor de 0,5%, aproximadamente, para hidratarla y posteriormente se le aplica calor controlado ($> 65\text{ }^{\circ}\text{C}$) por debajo de la temperatura de desnaturalización de las proteínas hasta que se forma la dispersión acuosa que posteriormente se enfría y gelifica. Durante la gelificación, se produce una pérdida de la movilidad de las cadenas polipeptídicas dando lugar a hélices estabilizadas que al enfriarse se reordenan y acaban formando una red tridimensional o gel (Saha y Bhattacharya, 2010). A efectos prácticos, la disolución de gelatina primero aumenta su viscosidad y posteriormente gelifica. El gel de gelatina se forma cuando la concentración de gelatina es lo suficientemente alta y la temperatura es lo suficientemente baja, lo que permite moldear productos en caliente. Dado que estos enlaces se interrumpen por calentamiento, el gel es termorreversible. La cinética de gelificación se puede dividir en dos fases: (i) durante la primera hora, la resistencia del gel aumenta rápidamente, debido principalmente a la formación de nuevas reticulaciones; (ii) a partir de una hora en adelante, el aumento de la fuerza del gel por extensión de los enlaces cruzados se ralentiza y es lineal con el logaritmo del tiempo (Harris et al., 2003).

La capacidad gelificante de la gelatina se suele medir en grados Bloom. Un grado Bloom es la fuerza (peso en g) requerida para deprimir a una distancia de 4 mm un área prescrita (círculo de 12,7 mm diámetro) de la superficie de un gel de gelatina (concentración de 6.67% a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Las propiedades de los geles de gelatina, concretamente su rigidez y resistencia, depende de factores tales como la temperatura, pH, contenido en cenizas, presencia de algún aditivo, método de obtención, fuerza intrínseca, historia térmica y concentración, entre otros. Las condiciones existentes durante el procesado también pueden afectar a las propiedades del gel de gelatina. Así, la gelatina puede degradarse y perder sus propiedades gelificantes bajo condiciones de altas temperaturas, valores extremos de pH o fuerte agitación. La relación entre la concentración y la resistencia del gel

depende del tipo y origen de la propia gelatina. Desde un punto de vista reológico, los geles de gelatina a baja concentración tienen un carácter más líquido, mientras que los geles de alta concentración se comportan más como materiales sólidos. La concentración también influye en los enlaces intermoleculares dentro de la red del gel. La formación de enlaces cruzados es la parte más lenta de la gelatinización, cuando en condiciones ideales la resistencia del gel aumenta con el tiempo a medida que se forman más enlaces cruzados (Gelatin Manufacturers Institute of America, 1993). La resistencia intrínseca de la gelatina depende, tanto de la estructura, como de la masa molecular. La fuerza del gel sólo se ve seriamente afectada por valores extremos de pH de la solución, mientras que permanece estable a valores de pH entre 4 a pH 9. Los geles diluidos (<2%) son más afectados mientras que los geles más fuertes (> 10%) son relativamente insensibles al pH (Harris et al., 2003). Las **figuras 4 y 5** ilustran el comportamiento de los geles de gelatina influenciados por los efectos del tiempo, el pH y la temperatura.

Figuras 4 y 5. Pérdida de la fuerza del gel de gelatina: a 60°C en función del pH y del tiempo (izquierda) y a pH 5.5 en función de la temperatura y del tiempo (derecha). Schrieber (1976).



La gelatina proporciona texturas que no pueden ser obtenidas con otros gelificantes. No obstante, la gelatina se puede combinar con otros hidrocoloides para obtener diferentes texturas; por ejemplo, con goma acacia (textura compacta), almidón (intermedia) o pectina (blanda y quebradiza). Las cualidades organolépticas únicas proporcionadas por la gelatina dependen fuertemente de su punto de fusión, que a su vez está influenciado por el valor Bloom, la viscosidad de la gelatina y la concentración del gel. Éstos a su vez pueden ser alterados por otros componentes incorporados en el alimento en cuestión, como por ejemplo, sales, azúcares y otros agentes gelificantes o espesantes, entre otros, que una vez disueltos en el gel, pueden interactuar con la gelatina potenciando la formación del gel o produciendo el efecto contrario. La presencia de azúcares simples puede contribuir a un aumento en la resistencia del gel (la fructosa y el sorbitol son una excepción) (Kasapis et al., 2003). Está demostrado que estos componentes afectan al número y tamaño de las zonas de unión, ya que impactan sobre la cantidad del disolvente (es decir, en el caso de la sacarosa, el número de enlaces cruzados aumenta y el tamaño de cada zona de unión disminuye).

El comportamiento de las mezclas de gelatina con diversos polisacáridos como el alginato, la pectina y el almidón ha sido ampliamente estudiado (DeMars y Ziegler, 2001; Tromp, 2001; Firoozmand et al., 2007; Panouillé y Larreta-Garde, 2009; Firoozmand et al., 2009). El conocimiento sobre las interacciones proteína-polisacárido es importante en las formulaciones de alimentos ya que estas mezclas generalmente conducen a la separación de fases. Los biopolímeros no cargados como la goma guar, el almidón o la agarosa, pueden añadirse en bajas concentraciones (separadamente de la gelatina) a la mayoría de los alimentos sin afectar a las propiedades gelificantes de la gelatina. Sin embargo, a medida que aumenta la concentración, a menudo se produce la separación de las dos fases. Cuando los compuestos se preparan en estado líquido a alta temperatura, la gelatina es compatible con las otras moléculas de biopolímero, si bien esta compatibilidad se va reduciendo conforme disminuye la temperatura. La incompatibilidad entre los dos biopolímeros se revela por un aumento de la turbidez de la solución y por la aparición de dos fases separadas ricas en gelatina y

biopolímero, respectivamente. Las propiedades del gel mixto formado después del enfriamiento dependerán de su microestructura, así, para una misma composición del sistema, pueden obtenerse diferentes microestructuras según la gelatina predomine o no en la fase discontinua o continua dependiendo de las condiciones de procesado (es decir, temperatura, cizalla, etc.). Esto puede incluso dar como resultado la inversión de fase de las dos fases del biopolímero (Harris et al., 2003).

Marfil et al., (2012) estudió las propiedades reológicas de los geles de gelatina con almidón modificado de maíz. En dicho estudio, la presencia de almidón afectó a la morfología de la red de gelatina, dando como resultado geles más duros y opacos, así como menos rígidos y adhesivos. La adición de 1% de almidón dio como resultado un gel con propiedades mecánicas similares a las del gel de gelatina pura, pero con el aumento de la concentración de almidón se observó una incompatibilidad termodinámica y un mayor número de zonas huecas que contenían gránulos de almidón dentro de ellos. Basándose en estas consideraciones, estos autores concluyeron que la adición de almidón modificado de maíz a los geles de gelatina en proporciones adecuadas puede ser una alternativa factible en la formulación de confecciones de goma.

- **PECTINA**

Las pectinas son polímeros de ácido galacturónico (AG), que contienen al menos 65% de unidades de AG, disponible como ácido libre, éster metílico o amido (Gałkowska et al., 2013), es decir que algunos grupos carboxílicos pueden estar metoxilados. El grado de metoxilación (cuya abreviatura en inglés es DM), se define como el número de unidades metoxiladas por cada 100 unidades de ácido galacturónico. Las pectinas se clasifican tradicionalmente como de alto grado de metoxilación ($DM > 50\%$), o de bajo grado de metoxilación ($DM < 50\%$) (Voragen et al., 1995; Rinaldo, 1996; Flutto, 2003). La pectina natural de la piel de la fruta (manzana, cítricos, etc.) posee un alto grado de metoxilación, mientras que las pectinas modificadas químicamente poseen un bajo grado de metoxilación. Las propiedades del gel y las condiciones de gelificación son muy diferentes para

ambos tipos de pectinas; los geles de pectina de alto metoxilo no funden, mientras que algunos geles de pectina de bajo metoxilo son termorreversibles y tienen una textura más blanda y menos elástica. La gelificación de las pectinas naturales o de alto grado de metoxilación requiere de una elevada concentración de sólidos solubles y de un bajo pH, debido a los enlaces de hidrógeno e interacciones hidrófobas entre las cadenas de polímero, por ello se utilizan para fabricar productos de bajo pH, como las gomas de frutas ácidas. La velocidad de gelificación de estas pectinas naturales es mayor conforme mayor es su DM. Las pectinas de alto grado de metoxilación se calientan hasta su total disolución en agua mezclada con ácido y azúcar, siendo importante que el pH no baje de 4,5, ya que se produce una degradación lenta del gel. Sessler et al., (2013), encontraron que la disminución del pH (de 3,3 a 2,5) aumenta la resistencia mecánica de los caramelos de pectina (alto metoxilo) debido a la formación de geles más densos promovidos por las mayores interacciones entre moléculas de pectina. Por el contrario, las pectinas de bajo metoxilo requieren para gelificar de unas condiciones moderadas de pH, grados brix y la presencia de iones bivalentes tales como calcio, ya que ayudan en la formación de puentes iónicos (Walter, 1991); se usan sobre todo para elaborar productos de flavor neutro, como gomas de vainilla o el agua de rosas.

La pectina es un ingrediente alimentario funcional ampliamente utilizado como agente gelificante y estabilizante. En la industria alimentaria, la pectina se utiliza ampliamente en la producción de mermeladas, jaleas, zumos de frutas, confecciones dulces y rellenos de panadería (Rolin y De Vries, 1990; Endress y Christensen, 2009) y como estabilizante de bebidas lácteas acidificadas y yogures (Willats et al., 2006). El gel de pectina se forma cuando se cruzan porciones de homogalacturonano para formar una red cristalina tridimensional en la que el agua y los solutos están atrapados. Las propiedades gelificantes resultantes van a depender de diversos factores como la temperatura, tipo de pectina, DM, grado de acetilación, pH, azúcar, calcio y la presencia de otros solutos. DeMars y Ziegler, (2001) demostraron que los geles gomosos de gelatina con pectina son más frágiles, blandos, menos masticables y con un sabor frutal, dulce y ácido más potente.

Las pectinas se han utilizado durante muchos años para la elaboración de caramelos blandos de alta calidad, apreciados por su sabor particular. A diferencia de otros productos, las gelatinas de pectina se pueden fabricar con el contenido de sólidos final deseado y no requieren de un tratamiento de cocción para eliminar el exceso de humedad (May, 1990). En los caramelos gomosos, la rápida gelificación de la pectina obliga a aplicar altas temperaturas de llenado (85 - 95 ° C) y permite un procesado rápido de las masas de caramelos. Los geles de pectina tienen generalmente temperaturas de fusión más bajas que los sistemas de gel de gelatina (Clark et al., 1994).

Junto con los almidones y pectinas, la industria viene empleando otros polisacáridos hidrocoloides, tales como alginatos, goma gelano, metil and hidroxipropil-metil celulosa, agar o carragenanos, como agentes gelificantes en diferentes tipos de productos alimenticios (Saha y Bahattacharya, 2010), algunos de los cuales podrían tener potencial como agente gelificantes en golosinas.

AGUA

Los caramelos de goma se caracterizan por tener un bajo contenido final en agua (8-22 %), y, por tanto, existe cierto riesgo de que las variaciones de humedad pueden llegar a afectar a sus las propiedades físicas. La adición de agua en las confecciones de caramelos cumple la función de disolver los agentes gelificantes, edulcorantes, colorantes y saborizantes. La vida útil, la textura y la estabilidad de los ingredientes están directamente relacionadas con la dinámica del agua en este tipo de productos (Roos, 1995).

El agua en un sistema gelificado actúa como plastificante sobre el almidón ayudando a la formación del gel y reduciendo la temperatura de transición vítrea de los constituyentes de los alimentos, haciendo que los mismos se presenten en un estado vítreo, gomoso o viscoso. Por otro lado, la reducción de agua por la adición de sólidos produce un incremento de la temperatura de transición vítrea

ya que ralentiza la cristalización del azúcar amorfo debido a la reducción de volumen, movilidad molecular y difusividad (Roos et al., 1996).

Entre las moléculas de agua y ciertos solutos presentes en el gel, como proteínas, polisacáridos, lípidos y sales, ocurren interacciones físicas que contribuyen significativamente a la textura del alimento, de modo que el gel tiende a ser más plástico en la medida en que sus componentes hidrofílicos son hidratados. Gracias a estas interacciones dipolo-dipolo, enlace iónico, enlace de hidrógeno y fuerzas de van Der Waals, el agua puede clasificarse como agua congelada, no unida o no enlazada (Ergun et al., 2010). Estudios conducidos por Cornillon et al., (1995) mostraron que la gelatina combinada con sacarosa y almidón tiene una elevada afinidad por el agua, ya que la necesita para mantener su estructura (Belitz y Grosch, 1999). Según Roos y Karel (1991), en función del grado y capacidad de eliminación de agua del proceso, los caramelos de goma permanecen en un estado amorfo gomoso (deseado) o vítreo.

La mejora de la vida útil de los caramelos se consigue eliminando agua o enlazándola, aumentando la concentración de azúcares, inhibiendo así las principales reacciones de deterioro químico y retrasando el crecimiento microbiano (Belitz y Grosch, 1999). Durante el almacenamiento, el intercambio de agua entre caramelo y medio ambiente puede afectar a los atributos físico-químicos, dando como resultado un endurecimiento (pérdida de humedad) o ablandamiento (ganancia de humedad) (Roos, 1995). Las variaciones en el contenido de humedad ocasionadas por interacciones químicas en el sistema alimentario, como la recristalización, retrogradación del almidón y equilibrio vítreo gomoso (Cornillon y Salim, 2000) pueden repercutir de forma negativa en la calidad de los caramelos de goma, produciendo así problemas durante el manipulado y formado (excesiva pegajosidad), falta de cuerpo y defectos de superficie (Lees, 1980). Otro defecto indeseable es la formación de una textura grosera producida por la recristalización de los azúcares amorfos debido al aumento de la movilidad molecular (Hartel, 1993). Sin embargo, también se consiguen efectos beneficiosos sobre la calidad de los caramelos gracias a una baja movilidad del agua, como, por ejemplo, estabilizar pigmentos añadidos como las antocianinas (Tsai et al., 2004).

COLORANTES ARTIFICIALES

El color, como la primera sensación percibida en un alimento, es uno de los atributos sensoriales más importantes e influyentes en la percepción que el consumidor tiene de ciertos alimentos, siendo decisivo al momento de aceptar o rechazar los mismos. En los alimentos, el color es frecuentemente asociado a un sabor específico y a la intensidad de dicho sabor. Los caramelos y golosinas se fabrican con materias primas básicas que no aportan colores característicos o identificativos a cada tipo de productos y que, por tanto, necesitan colorantes para que los consumidores puedan asociarlos a sabores específicos. Los colorantes alimentarios pueden ser o no componentes de los alimentos que normalmente no se consumen como alimentos en sí mismas, ni se emplean como ingredientes característicos de los mismos. El Reglamento (CE) N 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008, sobre aditivos alimentarios define a los colorantes como aquellas sustancias de origen natural o artificial que pueden ser añadidas intencionalmente a los alimentos y bebidas con el fin de modificar sus caracteres. Los colorantes como aditivos alimentarios cumplen un propósito tecnológico, son añadidos al alimento en distintas etapas de su fabricación, transporte o almacenamiento y cumplen las siguientes funciones:

- ✓ Reforzar los colores ya presentes en los alimentos para satisfacer las expectativas de los consumidores.
- ✓ Asegurar la uniformidad de color en producciones discontinuas.
- ✓ Restaurar la apariencia original de ciertos alimentos cuando el color ha sido o será disminuido o perdido durante el procesado o el almacenamiento.
- ✓ Dar color a los alimentos de otra manera serían incoloros, tales como caramelos, postres y helados.

Los colorantes al igual que el resto de los aditivos han de someterse a una valoración científica, rigurosa y completa para garantizar su seguridad, antes de que Unión Europea se autorice su uso. Para ello deben haber mostrado que: son seguros en las cantidades empleadas, son necesarios en los alimentos en los que se

autorizan y que no llevan a engaño al consumidor. La EFSA a través del Comité Científico para la Alimentación Humana (SCF) es la encargada de evaluar la seguridad de los aditivos. A partir de julio de 2010, la mayoría de los alimentos en la UE que contienen ciertos colorantes alimentarios artificiales deben presentar en el etiquetado nutricional una advertencia indicando que el alimento "puede tener un efecto adverso sobre la actividad y la atención en los niños".

Los colorantes sintéticos permitidos para uso alimentario en la UE y EE.UU. (**tabla 3**) son en mayor o menor grado solubles en agua e insolubles en grasas. El grado de solubilidad en agua viene determinada por el número y la posición relativa de grupos formadores de sales presentes en la molécula de colorante. El más común es el grupo ácido sulfónico $-SO_3H$ y el grupo ácido carboxílico $-CO_2H$ el menos común, los cuales forman colorantes aniónicos solubles en agua (Scotter, 2003). Esta cualidad los vuelve fáciles de usar, generalmente en forma de sales sódicas, en líquidos y materiales pastosos. La mayoría de los colorantes alimentarios, además, son solubles en ciertos disolventes hidrófilos no acuosos, tales como glicerina, propilenglicol y sorbitol, y esto permite la preparación de soluciones y pastas para uso en ciertos productos alimenticios. La estabilidad de los colorantes depende de muchos factores, tales como el calor, la luz, el pH, el grado de oxidación, o la presencia de otros conservantes y metales traza. En general los colorantes sintéticos son más resistentes a las condiciones de procesado y almacenamiento de los caramelos y proporcionan una gama de colores más amplia que los colorantes naturales.

Tabla 3. Colorantes sintéticos permitidos en la Unión Europea y USA. Scotter (2003).

Name	E number ^a	FD&C classification ^b	Color index no. ^c	Structure type	Color shade
Tartrazine	E 102	Yellow no. 5	19140	Azopyrazolone	Yellow
Quinoline yellow	E 104	None	47005	Quinoline	Greenish yellow
Sunset yellow FCF	E 110	Yellow no. 6	15985	Monoazo	Orange yellow
Carmoisine	E 122	None	14720	Monoazo	Bluish red
Amaranth	E 123	None	16185	Monoazo	Red
Ponceau 4R	E 124	None	16255	Monoazo	Orange red
Erythrosine	E 127	Red no. 3	45430	Xanthene	Bluish pink
Red 2G	E 128	None	18050	Monoazo	Bluish red
Allura red AC	E 129	Red no. 40	16035	Monoazo	Yellowish red
Patent blue V	E 131	None	42051	Triarylmethane	Violet blue
Indigo carmine	E 132	Blue no. 2	73015	Indigoid	Deep blue
Brilliant blue FCF	E 133	Blue no. 1	42090	Triarylmethane	Greenish blue
Green S	E 142	None	44090	Triarylmethane	Bluish green
Black PN	E 151	None	28440	Disazo	Bluish black
Brown FK	E 154	None		Azo ^d	Orange brown
Brown HT	E 155	None	20285	Disazo	Dark brown
Lithol rubine BK ^e	E 180	None	15850	Monoazo	Bluish red
Citrus red ^f		Red no. 2	12156	Monoazo	Scarlet red
Fast green FCF		Green no. 3	42053	Triarylmethane	Bluish green
Orange B ^g		Orange B	19235	Azopyrazolone	Orange

^aAs given in European parliament and Council Directive 94/326/EC on colors for use in foodstuffs.

^bAs published by the US Food and Drug Administration.

^cAs published by The Colour Index, Society of Colourists and Dyers, Bradford, UK.

^dMixture of six main components; only used for coloring kippers.

^eFor coloring of cheese rind only.

^fFor coloring of orange skins only.

^gFor coloring of casings or surfaces of frankfurters and sausages only.

Note: Yellow 2G is no longer permitted in the European Union.

Los colorantes azoicos forman parte de una familia de sustancias químicas orgánicas caracterizadas por la presencia de un grupo peculiar que contiene nitrógeno unido a anillos aromáticos. En su estructura química contiene un grupo *azo* ($-N=N-$) como cromóforo, asociado a grupos auxocromo de tipo amino o hidroxilo, sistemas aromáticos que contienen sustituyentes formadores de sales generalmente en la posición meta o para al grupo azo. Los colorantes azoicos se degradan bajo condiciones aceleradas en presencia de ácido ascórbico a pH 7 pero son más resistentes a la degradación a pH 3. Los azúcares reductores tales como glucosa y fructosa pueden reducir los colorantes azoicos en solución acuosa (Scotter, 2003).

La Tartracina y el rojo Allura AC son dos de los colorantes azoicos más representativos que se vienen empleando en la industria de caramelos y golosinas para obtener productos con una gama de colores que van desde el amarillo hasta el rosa. La Tartracina (E-102) cuya estructura molecular es 5-hidroxi-1-(4-

sulfonatofenil)-4-(4-sulfonatofenilazo)-H-pirazol-3-carboxilato-trisódico se describe como sal sódica, aunque también se permiten sus sales cálcicas y potásicas. Se trata de uno de los colorantes artificiales más empleados en la industria de los alimentos desde 1916; sus usos van desde productos de repostería, derivados cárnicos, sopas preparadas, conservas vegetales, salsas, helados, postres, bebidas refrescantes, caramelos y otras golosinas. La Tartracina confiere un tono amarillo más o menos anaranjado a los caramelos, en función de la dosis utilizada, y también se utiliza en combinaciones con otros colorantes para obtención de tonos verdes. La toxicidad aguda de la Tartracina es muy pequeña, la IDA (ingesta diaria admisible) está establecida en 7,5 mg/kg peso (FAO/OMS, 2001). Sin embargo, la Tartracina es capaz de provocar reacciones de intolerancia y efectos adversos en un pequeño porcentaje (10% aproximadamente) de personas alérgicas a la aspirina. Además, un estudio de la Universidad de Southampton (McAnn et al., 2007) demostró que el consumo de colorantes como la Tartracina produce trastornos en el comportamiento de los niños (hiperactividad) aunque, otros autores como Arnold et al., 2012, manifestaron que son necesarios estudios adicionales para corroborarlo. A continuación se muestran las condiciones generales de uso de los colorantes artificiales en caramelos y golosinas (tabla 4).

Tabla 4. Condiciones de uso de colorantes artificiales en confecciones dulces. Scotter (2003).

<i>Food types</i>	<i>Stability requirements^b</i>	<i>Additional comments</i>	<i>Permitted colors^c</i>	<i>Typical levels of application (mg kg⁻¹ or mg l⁻¹)</i>
Boiled sweets, toffees, caramels, gums, jellies, pastilles, licorice, chewing gum Decorations and coatings	TM, SD, FL, AC	Added as late as possible during production; colors often bright/intense	TZ, SY, P4R, CA, BB, GS, AR, BV, IC, QY, BHT, BPN	50–300

^aBased on Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food (1987) *UK Survey of Colour Usage in Food*, *Food Surveillance* paper no. 19. London: HMSO; and European parliament and Council Directive 94/326/EC on colors for use in foodstuffs.

^bLF, light-fastness; AC, acids; PR, preservatives; FL, flavorings; SD, sulfur dioxide; GE, gelling agents and emulsifiers; TM, temperature.

^cTZ, tartrazine; SY, sunset yellow FCF; P4R, ponceau 4R; AM, amaranth; CA, carmoisine; BB, brilliant blue FCF; GS, green S; BHT, brown HT; IC, indigo carmine; BPN, black PN; ERY, erythrosine; R2G, red 2G; BFK, brown FK; BV, patent blue V; QY, quinoline yellow; AR, allura red; LBK, lithorubine K; QS, *quantum satis* (no maximum level specified).

El rojo Allura AC (E-129) El Rojo Allura AC es un colorante sintético que se presenta en forma de polvo rojizo oscuro muy soluble en agua cuya estructura química es 2-hidroxi-1-(2-metoxi-5-metil-4-sulfonato-fenilazo)-naftaleno-6-sulfonato disódico. El rojo Allura AC se describe como sal sódica, aunque también se pueden emplear sus sales cálcicas y potásicas. Este colorante se emplea desde la década de 1980, sobre todo en USA, para sustituir al amaranto y ha sido recientemente introducido en las listas de la UE, para eliminar problemas comerciales. Se trata de un compuesto con un amplio margen de seguridad alimentaria aunque se ha descrito que puede producir alergia en algunas personas sensibles a los salicilatos. La IDA está establecida en 7 mg/kg de peso (FAO/OMS, 2001).

COADYUVANTES (ALMIDÓN DE MOLDEO)

Debido a su versatilidad, el moldeo en lecho de almidón en polvo es una de las técnicas formadoras más utilizadas en factorías de caramelos en productos

como como malvaviscos, gomas, caramelos, turrónes, etc. Un mismo equipo puede imprimir piezas de caramelos de diferentes simplemente cambiando los moldes de impresión. Generalmente, el almidón empleado para el moldeo es de maíz el cual contiene alrededor de un 10% de humedad. El polvo de almidón regula la deshidratación de los caramelos depositados. Durante esta etapa de secado, ocurren procesos físicos, estos fenómenos pueden implicar transferencia de calor, secado, equilibrado o redistribución de la humedad, gelificación, cristalización o una combinación de éstos. Se trata de un proceso dinámico que comprende el caramelo, el almidón moldeado y el aire que los rodea (Ziegler et al., 2003), donde el almidón de moldeo cumple la función de adsorber la humedad del caramelo. Es muy frecuente que durante este proceso de migración de agua se forme una costra seca en la superficie de los productos fabricados usando almidón de moldeo. Esta costra es beneficiosa para los productos con un centro blando, ya que evita que las piezas se peguen y resista los esfuerzos mecánicos durante la manipulación (Ziegler et al., 2003).

2.2.2. Proceso de fabricación

Tradicionalmente, los caramelos de goma se elaboran a nivel industrial siguiendo un proceso discontinuo que comienza con la mezcla de aquellos ingredientes mayoritarios (excluyendo componentes termo-sensibles) como azúcares, agentes gelificantes (gelatina, almidón, agar, pectina, alginatos y/o gomas) y agua. La mezcla es acondicionada en un tanque con un dispositivo agitador y de ahí pasa a un tanque pulmón que alimenta a un cocedor universal continuo donde se consigue la gelatinización del almidón, confiriéndole unas características físicas apropiadas para su posterior formado. La masa cocida se lleva a un equipo de vacío para reducir el contenido en agua hasta alcanzar los sólidos solubles deseados y posteriormente pasa a un tanque de emulsión donde se mezcla con el resto de ingredientes termo-sensibles (ácidos, vitaminas, aromas y colorantes) en función del formato de producto que se quiera obtener. La masa final caliente es bombeada y dosificada en bandejas de almidón impresas con

moldes negativos donde toman forma los caramelos. Aunque no es lo habitual, también se pueden utilizar moldes de acero, en cuyo caso es necesario emplear productos desmoldeantes. La etapa de secado de los caramelos de goma comienza cuando se deposita la masa caliente en cavidades impresas en almidón seco contenido en bandejas que se almacenan en cámaras de secado bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa. Para realizar correctamente este proceso, Las bandejas se llevan a una cámara de secado a temperatura y humedad relativa controlada durante 24 horas hasta que el producto alcanza las características deseadas. La masa líquida caliente debe ser lo suficientemente fluida cuando es depositada en los moldes para evitar que se forme una cola en la parte superior. Esto a menudo requiere que la etapa de formado/moldeo se realice a un contenido de humedad mayor que el deseado en el producto final. Las bandejas se llevan a una cámara de secado a temperatura y humedad relativa controlada durante 24 horas hasta que el producto alcanza la concentración final de sólidos deseada. Finalmente, los caramelos son desmoldeados mediante volteo de las bandejas en un bombo giratorio para eliminar restos de coadyuvantes y donde se aplica un producto lubricante, como cera carnauba o aceites vegetales con el fin de facilitar su posterior manipulación y evitar una excesiva pegajosidad entre los caramelos. La selección de unidades de caramelos de goma se realiza en función de la forma final del producto y actualmente las empresas disponen de modernos equipos de visión artificial para asegurarse de que los caramelos cumplen los estándares de forma y tamaño establecidos. Finalmente, los caramelos de goma son envasados en bolsas de plástico, individuales o colectivas y almacenados a temperatura ambiente.

La vida comercial de los caramelos de goma es muy prolongada debido a que su baja actividad de agua minimiza cualquier alteración microbiológica o enzimática, de modo que su caducidad suele estar limitada por un endurecimiento excesivo y por la oxidación del producto que altera principalmente el olor, sabor y color.

2.2.3. Factores que afectan la calidad

Los productos gelificados, como los caramelos de goma, son una mezcla de biopolímeros que imparten textura, liberación de sabor, apariencia y sensación en la boca (Burey et al., 2009; Grant, 2005). En función de la textura, por un lado, se encuentran los caramelos masticables, que son aquellos más propensos a la fractura durante el proceso de masticación, y por otro lado, los caramelos gomosos, que son aquellos que se disuelven durante la masticación (DeMars y Ziegler, 2001). La textura es determinante para la calidad en los caramelos de goma, en particular la gomosidad y masticabilidad (Borwankar, 1992) y depende básicamente del tipo de agentes gelificantes, de su concentración y del contenido final de humedad. Los agentes gelificantes empleados en la formulación de los caramelos de goma (almidón, pectina y/o gelatina) aportan características típicas texturales peculiares a estos productos (**tabla 5**) (Kälviäinen et al., (2000). Los gelificantes pueden actuar individual o sinérgicamente, así, la gelatina proporciona geles elásticos y transparentes, mientras que el almidón aumenta la dureza y la opacidad de los caramelos de gelatina sin afectar su fracturabilidad o elasticidad, obteniéndose caramelos más fibrosos y adhesivos que aquellos elaborados sólo con gelatina a la misma concentración (Marfil et al., 2012). Por su parte, los caramelos de goma con pectina son menos masticables, más suaves y fracturables que los caramelos elaborados sólo con gelatina (DeMars y Ziegler, 2001). La concentración es otro factor a tener en cuenta. Por ejemplo, Poppe (1995), encontró que la dureza aumenta gradualmente conforme mayor es la concentración de agentes gelificantes en los geles de gelatina y/o pectina con alto contenido en azúcares y bajo pH.

Tabla 5. Caracterización de la textura de geles de pectina, gelatina y almidón. Kälviäinen et al., (2000).

Measurement	Sensory	Sensory	Instrumental
Study	(The present study) ¹⁾	(Daget and Collyer, 1984)	(Marshall and Vaisey, 1972) ²⁾
Thickener	Typical attributes:		
Pectin	Short ↑ Fracturing ↑ Hard ↓ Elastic ↓ Adhesive ↓	Slippery (m/o) ³⁾ ↑ Not easy to swallow ↑ Thick ↑	Cohesive ↓ Springy ↓ Chewy ↓ Gummy ↓
Gelatin	Elastic ↑ Short ↓ Adhesive ↓ Fracturing ↓	Watery ↑ No residue ↑	Cohesive ↑ Springy ↑ Chewy ↑ Gummy ↑
Starch	Hard ↑ Adhesive ↑	Ductile (m/o) ↑ Soft (m/o) ↑	Cohesive ↑ Springy ↑ Chewy ↑ Gummy ↑

1) The sample with gelatin + starch -thickener was evaluated to be intermediate between gelatin and starch samples.

2) Cornstarch was used as the starch

3) (m/o) evaluated manually and orally.

Como se ha comentado, la interacción entre el agua, carbohidratos, proteínas y otras moléculas contribuyen a las propiedades físicas del gel, además, si bien otros factores influyen en el estado reológico de los geles hidrocoloides, como la presencia de co-solutos como la sacarosa, la concentración de hidrocoloide, la velocidad de cizallamiento y la temperatura (Marcotte et al., 2001). Estas interacciones físico-químicas entre los componentes del caramelo condicionan el sabor, la textura y la estabilidad del producto. Por ejemplo, se espera que la firmeza de un gel de almidón aumente con el tiempo como consecuencia del cambio del almidón de un estado amorfo a otro más ordenado y cristalino (Whistler, BeMiller y Paschall, 1984). El contenido de agua juega un papel importante en la calidad, vida útil, textura y propiedades sensoriales de los productos azucarados (Fontana, 2005). La textura de los caramelos evoluciona de blanda a dura y quebradiza conforme disminuye su contenido en humedad. Con independencia del agente gelificante utilizado, los caramelos de goma con un elevado contenido en agua son por lo general más blandos que aquellos elaborados con los mismos ingredientes y un menor contenido en agua (Ergun et

al., 2014). Por lo tanto, las condiciones de la cámara de secado (velocidad de secado), tales como la humedad relativa, la temperatura de mantenimiento, la velocidad del aire (ventilación) y la duración del proceso, son factores que pueden modificar la textura. Un estudio llevado a cabo por Lewis (1993) concluyó que los caramelos de gelatina y almidón elaborados con los mismos ingredientes, pero con distintos procesos de fabricación resultaron muy diferentes en cuanto a textura.

Junto con la textura, el aroma y sabor constituyen importantes atributos de calidad de los caramelos de goma muy valorados por los consumidores. La liberación de los compuestos volátiles desde las matrices alimentarias está influida por factores como la masticación, la mezcla con la saliva y los cambios de temperatura y pH (Boland et al., 2006). Los hidrocoloides presentes en los caramelos de goma tienen un efecto sobre la intensidad de sabor percibido, así, a medida que incrementa su presencia y el gel es más fuerte, se reduce la intensidad de sabor percibido (Pangborn et al., 1978; Overbosch et al., 1991; Mällki et al., 1993; Kälviäinen et al., 2000). Baek et al., (1999) observaron que los geles de gelatina más blandos liberaban mayores concentraciones de un compuesto volátil que los geles de gelatina más duros. Además, Boland et al., (2006), concluyeron que, tanto la rigidez de los geles, como el tipo de hidrocoloide empleado, tenían un efecto considerable sobre la liberación y percepción del sabor del gel. Así, el incremento de la rigidez de los geles provocó una disminución en la intensidad del dulzor, olor y sabor a fresa. DeMars y Ziegler (2001), demostraron que la presencia de pectina incrementa el sabor dulce, afrutado y ácido de los caramelos de goma, lo cual podría estar relacionado por la textura más blanda y quebradiza que proporciona este gelificante.

La estabilización de las características sensoriales durante el mayor tiempo posible es otro aspecto crucial para la calidad de estos productos. Los alimentos de baja humedad, como los caramelos de goma, son estables durante su almacenamiento bajo condiciones ambientales, y, por tanto, tienen una vida útil relativamente alta, de 3 a 18 meses (Subramaniam, 2000). Su baja actividad de agua minimiza cualquier alteración microbiológica o enzimática que se pueda producir en dicho almacenamiento, sin embargo, la vida útil a menudo viene

limitada por fenómenos de endurecimiento y oxidación que empeoran el olor, sabor, color y textura. Este endurecimiento puede deberse a la pérdida de humedad que ocurre cuando los caramelos de goma son almacenados bajo condiciones secas (Ergun et al., 2010) y es debido a que la amilopectina y el azúcar cristalizan con el tiempo (Farhat et al., 2000; Steiner et al., 2003; Fisher et al., 2014). Además, la disminución del contenido de humedad conduce a un reordenamiento más rápido del almidón (Roos, 1995). Otros atributos de textura como la gomosidad y masticabilidad también acaban viéndose afectados con el tiempo. Fisher et al. (2014) demostraron que los caramelos de almidón enriquecidos con un liofilizado de fresa se volvieron más gomosos y masticables al cabo de 14 días de almacenamiento. La oxidación de los caramelos de goma también puede alterar el color de los mismo produciendo un lento pero progresivo oscurecimiento del color original. A su vez, las reacciones de oxidación alteran el olor y sabor original de los agentes aromatizantes utilizados para elaborar estos productos.

2.3. CAMELOS FUNCIONALES

En los últimos años, los consumidores han manifestado un creciente interés por una alimentación saludable, lo que ha dado lugar a la aparición en el mercado de una nueva gama de alimentos y productos que, además de nutrir, mejoran la salud incrementando el bienestar y reduciendo el riesgo de contraer determinadas enfermedades. Así, han surgido los denominados alimentos funcionales, los cuales pueden ser incorporados a la dieta habitual con el objeto de compensar los desequilibrios alimentarios y garantizar la ingesta de nutrientes recomendada, actuando así de forma beneficiosa sobre una o varias funciones específicas del organismo. Los alimentos funcionales proporcionan un medio por el cual los consumidores pueden complementar sus dietas con alimentos similares a los productos convencionales, pero que contienen compuestos bioactivos naturales y saludables de otras fuentes de alimentos integrales (Shahidi, 2004). Actualmente, una de las estrategias utilizadas para incrementar la calidad nutricional de los

caramelos se basa en el empleo de fibras dietéticas (Vilches, 2005; Goncalves y Rohr, 2009; Koh et al., 2011; Cappa et al., 2015; Bandol-Utomo et al., 2014). Además, se han empleado otros ingredientes, como soja (Siegwein, et al., 2010) y diversos compuestos bioactivos (Gaspar et al., 1998; Vieira et al., 2008; Fisher, 2014; Cui et al., 2011; Cappa et al., 2015; Hani, 2015; Gu et al., 2015) en los caramelos de goma para mejorar sus propiedades nutricionales sin producir modificaciones relevantes en sus atributos de calidad.

2.3.1. Marco legislativo

De acuerdo con los resultados de la acción concertada europea “Functional Food Science in Europe”, los alimentos funcionales se definen como “un alimento natural o uno al que se le ha añadido o eliminado componentes, por vía tecnológica o biotecnológica, de forma que se ha demostrado satisfactoriamente que tiene un efecto beneficioso para la salud además de los efectos nutricionales habituales” (EC EUR 18591, 2000). Partiendo de la base de que los alimentos funcionales deben ser capaces de modular algún parámetro fisiológico relacionado con el estado de salud o con la prevención de determinadas enfermedades, su diseño y desarrollo se suele iniciar por una de las siguientes vías:

1. Modificación de la composición de las materias primas. Por ejemplo, variando la dieta de determinados animales para conseguir productos de características nutricionales distintas a las habituales (huevos enriquecidos con ácidos grasos ω -3, o leche enriquecida en ácido linoleico conjugado) o aplicando técnicas de biología molecular que permitan obtener nuevos alimentos mediante su modificación genética;
2. Modificación de los procesos de transformación (fermentación, extrusión, tratamiento térmico, etc.) de forma que, durante el mismo, se favorezca o se incremente la formación de compuestos con una actividad biológica específica; y
3. Modificación de la formulación de un alimento tradicional eliminando o sustituyendo determinados ingredientes (grasa, azúcar, etc.) o adicionando

compuestos de características saludables contrastadas (fibra soluble, ácidos grasos ω -3, vitaminas, fitoesteroles, etc.) (Fogliano y Vitaglione, 2005).

En la UE, la legislación de aplicación para los alimentos funcionales son el Reglamento (CE) Nº 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de enero de 1997, sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios, y el Reglamento 1924/2006, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Dichos reglamentos se aplican a todas las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables efectuadas en las comunicaciones comerciales (etiquetado, presentación o publicidad) de los alimentos que se suministren como tales al consumidor final. Y define:

Declaración nutricional: cualquier declaración que afirme, sugiera o dé a entender que un alimento posee propiedades nutricionales beneficiosas concretas debido a:

- la energía (valor calorífico) que:

- proporciona,
- proporciona a un nivel reducido o incrementado, o
- no proporciona; y/o

- los nutrientes u otras sustancias que:

- contiene,
- contiene en proporciones reducidas o incrementadas, o
- no contiene.

Declaración de propiedades saludables: cualquier declaración que afirme, sugiera o dé a entender que existe una relación entre una categoría de alimentos, un alimento o uno de sus componentes y la salud.

En este contexto, para diseñar y desarrollar nuevos alimentos funcionales que, además de aportar beneficios específicos para la salud, sean aceptables para el consumidor es necesario:

- 1) Seleccionar el compuesto bioactivo y la matriz alimentaria a la que se va a adicionar;
- 2) Investigar la influencia de la composición y de la interacción entre los distintos ingredientes en las propiedades físicas y sensoriales del producto;
- 3) Optimizar la aceptabilidad del producto; y
- 4) Estudiar la influencia de las opiniones, actitudes y expectativas del consumidor en la aceptación.

2.4. INGREDIENTES DE INTERÉS NUTRICIONAL Y SENSORIAL CON POTENCIAL USO EN CARAMELOS DE GOMA

La naturaleza viscoelástica de las confecciones gelificadas proporciona un nuevo sistema alimentario funcional mediante el cual se pueden consumir extractos de fruta y otros componentes saludables (fibras, vitaminas, antioxidantes, etc.) para obtener beneficios nutricionales y para la salud, manteniendo al mismo tiempo el sabor agradable y la textura de los geles tradicionales.

2.4.1. Derivados de fruta

Los concentrados de fruta se emplean en caramelos de goma principalmente porque aportan dulzor gracias a su elevado contenido en fructosa, también cumplen la función de inhibir la cristalización de la sacarosa, considerada como uno de los defectos indeseables en este tipo de producto (Warnecke, 1991). Además, la fructosa ha demostrado poseer una elevada capacidad plastificante sobre la fracción de amilopectina del almidón (Liu et al., 2004).

Desde el punto de vista nutricional, los concentrados de fruta representan un valor añadido al producto, en cuanto que aportan sustancias naturales (compuestos polifenólicos, carotenos, pectinas, etc.) que actúan como antioxidantes, junto con pigmentos, pro-vitaminas y fibras, que pueden

proporcionar beneficios saludables. Por ejemplo, los flavonoides contenidos en los concentrados de uva tienen una potente acción antioxidante y, por tanto, un efecto protector frente al estrés oxidativo, además de disminuir el riesgo de daños por los radicales libres (O'Byrne et al., 2002). El jugo de uva y su concentrado son productos que han demostrado contener altos contenidos de fitoquímicos (Pezzuto, 2008). Por ejemplo, las uvas Muscadine contienen sustancias como el ácido elágico, miricetina, quercetina, kaempferol y trans-resveratrol (Pastrana-Bonilla et al., 2003), muchas de las cuales han mostrado una alta actividad antioxidante (Yang et al., 2009). La suplementación de una dieta regular con jugo de uva ha demostrado aumentar la capacidad antioxidante total en plasma, lipoproteína HDL, actividad fibrinolítica y antitrombina (Fernández-Mar et al., 2012).

Desde un punto de vista sensorial, los concentrados de fruta aportan propiedades organolépticas, en cuanto a aroma y sabor, equivalentes o incluso mejores que las proporcionadas por los actuales aromatizantes y saborizantes empleados en los caramelos. Se ha reportado el uso de jugo de fruta/pulpa en productos gelificados y similares (Nussinovitch et al., 1991; Mouquet et al., 1992; Liang et al., 2006; Manjunatha y Das Gupta, 2006; Saha y Bhattacharya, 2010). Además, algunos de estos productos aportan pigmentos naturales, como aquellos encontrados en el concentrado de uva tinta, que proporcionan una intensa coloración púrpura y son estables en el tiempo (Bassa y Francis, 1987).

2.4.2. Colorantes naturales

Se consideran colorantes naturales a los preparados obtenidos a partir de alimentos y otros materiales comestibles de base obtenidos mediante una extracción física, química o física y química, conducente a la separación de los pigmentos respecto de los componentes nutritivos o aromáticos. Los colorantes naturales en los productos alimenticios pueden estar presentes originalmente en el tejido vegetal o animal del que se deriva el alimento (por ejemplo, clorofila en vegetales verdes), pueden ser generados durante el procesado (por ejemplo, por

acción de la reacción de Maillard en productos caramelizados), o pueden añadirse deliberadamente (por ejemplo, b-caroteno en zumo de naranja) (Lea y Henry, 2003).

Los colorantes naturales se usaban inicialmente en la industria alimentaria, pero en el siglo XIX comenzaron a ser sustituidos por otros de origen sintético ya que eran muy lábiles a los tratamientos utilizados durante el procesado (calor, acidez, luz, conservantes, etc.) y por su inestabilidad en el tiempo. Conforme se fue implantando el uso de colorantes artificiales, las dudas acerca de su idoneidad y seguridad llevaron a la realización de estudios exhaustivos acerca de su efecto sobre la salud, reduciéndose gradualmente su campo de aplicación. Además, la fuerte presión de los consumidores, conscientes de la importancia de la salud, así como por los posibles efectos de los aditivos artificiales de los colorantes, ha llevado a muchas empresas a revisar la formulación de sus productos e introducir colorantes naturales por más saludables. A menudo, los colorantes naturales están libres de OGM (organismos genéticamente modificados) y alérgenos, y actualmente se encuentran regulados en la UE por el Reglamento (CE) N 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008, sobre aditivos alimentarios en su Anexo II (Lista de la Unión de aditivos alimentarios autorizados para su utilización en alimentos, y condiciones de utilización) y posteriores modificaciones (**tabla 6**). Además, el uso de colorantes de origen natural permite comercializar productos en mercados con estrictos requisitos para ingredientes, creando etiquetas de productos limpios. Actualmente, y en medida de lo posible, se recurre al empleo de colorantes de origen natural que empieza a ganar terreno frente a la tradicional opción de los colorantes artificiales, siempre que sea económica y tecnológicamente factible. Lo que más se busca de los colorantes naturales es que sean fáciles de aplicar, que no se degraden durante el procesado, que no interfieran con el sabor y que mantengan el color durante toda la vida útil del producto.

Tabla 6. Lista de los colorantes naturales regulados por la Unión Europea. Lea y Henry (2003).

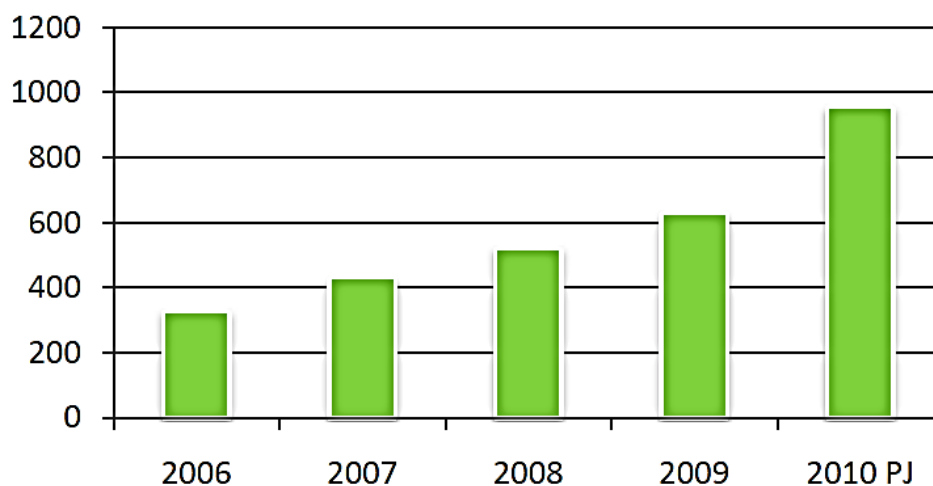
<i>Colorant</i>	<i>E number</i>
Reds	
Anthocyanins	E163
Beetroot red	E162
Cochineal, carmines	E120
Orange-Yellow	
Annatto	E160(b)
β -apo-8'-carotenal	E160(e)
Canthaxanthin	E161(g)
Mixed carotenes and β -carotene	E160(a)
Curcumin	E100
Ethyl ester of β -apo-8'-carotenoic acid	E160(f)
Lutein	E161(b)
Lycopene	E160(d)
Paprika extract	E160(c)
Riboflavin, riboflavin-5-phosphate	E101
Greens	
Chlorophylls and chlorophyllins	E140
Copper complexes of chlorophylls and chlorophyllins	E141
Brown	
Plain caramel	E150(a)
Caustic sulfite caramel	E150(b)
Ammonia caramel	E150(c)
Sulfite ammonia caramel	E150(d)
Black	
Vegetable carbon	E153

Dentro del sector de confecciones de goma y productos azucarados, el uso de colorantes naturales ha experimentado un considerable crecimiento en los últimos años (**figura 6**). Estos colorantes son adecuados para aplicaciones sobre una amplia gama de productos de azúcar, como caramelos duros, tabletas, gomas, caramelos a base de pectina, etc. Además, dan buen resultado en aplicaciones de productos sin azúcar, incluyendo dulces endulzados con estevia y en confecciones fortificadas con ingredientes saludables o vitaminas. Hoy en día, el mercado ofrece una amplia variedad de opciones de colorantes naturales para caramelos. La **tabla**

7 muestra lo principales parámetros de aplicación de los colorantes naturales en el sector de confecciones de azúcar.

El entorno físico-químico de los productos alimenticios de baja humedad y gelatinizados es generalmente favorable para una buena estabilidad de la mayoría de los pigmentos naturales que se pueden utilizar como colorantes alimentarios. Particularmente, su baja actividad de agua a menudo limita o evita la degradación del color durante la vida útil del producto. Sin embargo, los procesos de producción a menudo implican tratamientos térmicos intensos para conseguir las características finales del producto gelificado, siendo necesario emplear pigmentos termoestables o adaptar los procesos de producción. Los caramelos de goma tienen un pH ácido que permite el uso de pigmentos, tales como antocianinas, que son solamente estables a pH bajo. Otros pigmentos, como la clorofila, necesitan ser utilizados como formulaciones que se han estabilizado contra ácidos. La estabilidad de los pigmentos tiene gran importancia en alimentos como los caramelos y golosinas que permanecen almacenados a temperatura ambiente y expuestos a la luz durante largos periodos de tiempo. Hasta la fecha, se han desarrollado mejores formulaciones de color y enfoques de encapsulación para mejorar la resistencia del pigmento frente a sus principales desafíos tecnológicos, particularmente su estabilidad a la luz y al almacenamiento, así como la prevención de la migración de pigmentos entre distintas capas en productos estratificados. Una elección adecuada del tipo de colorante aplicado y su formulación se ha convertido en una tarea desafiante, tediosa y costosa para los departamentos de investigación y desarrollo de la industria alimentaria, frente a la demanda del consumidor de colores brillantes y atractivos producidos a partir de pigmentos "todo naturales".

Figura 6. Empleo de colorantes naturales dentro del sector de productos de azúcar y confecciones de goma



Source: GNPD (Global New Products Database)

Tabla 7. Parámetros de aplicación de colorantes naturales en el sector de confecciones de azúcar.

Color	Forms	Hue pH3	Hue pH7	Typical Use Range	Kosher	Heat Stability	Light Stability	Storage
Annatto	Liquid, Dry, Dispersion	Orange	Orange	0.005 - 0.10%	Yes	Excellent	Fair	Refrigerate, Ambient
Red Beet	Liquid, Dry	Red	Red	0.10 - 0.50%	Yes	Poor	Fair	Refrigerate, Ambient
Beta-Carotene	Liquid, Dry, Dispersion	Yellow	Yellow	0.0002 - 0.005%	Yes	Good	Good	Refrigerate, Ambient
Turmeric	Liquid, Dry, Dispersion	Yellow	Yellow	0.01 - 0.50%	Yes	Good	Poor	Ambient
Carmine/Cochineal	Liquid, Dry	Red	Magenta	0.01 - 0.20%	No	Excellent	Excellent	Ambient
Anthocyanin	Liquid, Dry	Red	Not Stable above pH 4.0	0.10 - 0.50%	Yes	Good	Excellent	Refrigerate, Ambient
Paprika	Liquid, Dry, Dispersion	Orange	Orange	0.05- 0.5%	Yes	Good	Good	Refrigerate, Ambient
Apo-8-Carotenal	Liquid	Orange	Orange	0.016- 0.05% (0.3% Max)	Yes	Good	Good	Refrigerate
Acid Stable Blue	Liquid, Dry, Dispersion	Blue	Blue	0.005 - 0.2%	Yes	Good	Good	Refrigerate, Ambient

El rojo es uno de los colores más utilizados en todas las categorías de productos alimenticios. Los principales pigmentos rojos naturales incluyen antocianinas, licopeno, betalaínas y carmín. Los pigmentos a base de antocianinas dan tonos rojos a pH ácido pero no a pH neutro, mientras que las lacas de carmín son estables a pH neutro pero pueden precipitar a pH ácido. Por el contrario, los betalaínas muestran un mínimo cambio de color en todo el intervalo de pH, pero son inestables cuando se aplica un ligero incremento de temperatura. La elección del colorante natural depende principalmente de las condiciones de procesado, las propiedades de la matriz alimentaria y la vida útil deseada. Además, el coste del colorante tiene una influencia significativa en la elección final (Galaffu et al., 2015).

Rojo Cochinilla E-120

El carmín y el ácido carmínico se obtienen a partir de extractos acuosos, alcohólicos o acuoso-alcohólicos de la Cochinilla, un insecto procedente de Sudamérica (*Coccus cacti*). Se extrae de los cuerpos desecados de la hembra del insecto y el pigmento obtenido es la polihidroxiantroquinona, cuyo agente colorante es el ácido carmínico. Es una laca de aluminio, conocida como carmín y se produce como un polvo insoluble que se puede convertir en un producto soluble en agua por disolución en álcali diluido. Pueden formarse lacas de aluminio del ácido carmínico (carmines), donde se considera que el aluminio y el ácido carmínico están presentes en la proporción molar 1:2. En productos comerciales, el agente colorante está asociado con cationes de amonio, calcio, potasio o sodio, solos o en combinación, y estos cationes pueden estar presentes también en exceso. Los productos comerciales pueden contener también material proteínico derivado del insecto de origen, y también pueden contener carminatos libres o un pequeño residuo de cationes de aluminio no ligados. Se trata de un producto muy estable frente al calor, la luz y el oxígeno y se aplica en una amplia gama de productos alimenticios, incluyendo carne y productos lácteos, confitería de azúcar y ciertos refrescos.

Extractos vegetales

Los extractos vegetales básicamente se consideran alimentos con propiedades que aportan color a otros de forma natural. El uso de este tipo de alimentos es una tendencia en pleno crecimiento gracias a la necesidad de los fabricantes de conseguir una etiqueta limpia (sin números E). Según la Comisión Europea en sus notas de orientación sobre la clasificación de los alimentos colorantes (EC, 2013) establece los criterios específicos para la diferenciación entre aditivos colorantes y alimentos colorantes, señalando que los alimentos obtenidos de frutas, verduras y otras plantas procesados exclusivamente por procesos físicos como el prensado, el triturado o el filtrado son considerados alimentos con propiedades colorantes. La gama de compuestos responsables de los colores naturales de los productos alimenticios es sorprendentemente limitada. Las plantas son las fuentes primarias de pigmentos como antocianinas, carotenoides y clorofilas, y, en menor medida, de otros compuestos como betaninas y Curcumina (Lea y Henry, 2003).

Las antocianinas son metabolitos secundarios de plantas, pertenecen a al grupo de los flavonoides y son responsables de la mayoría de los colores rojos, púrpuras y azules de los alimentos vegetales. Las pieles de manzanas rojas, ciruelas y uvas son ricas en antocianinas, al igual que fresas, tallos de ruibarbo y hojas de col roja. La tonalidad del color varía según las fuentes botánicas utilizadas para la extracción, pero últimamente estas variaciones tienden a ser menores debido al empleo de mezclas que reducen la variabilidad del color. Químicamente, la mayoría de las antocianinas se basan en agliconas de benzopirilio comunes (antocianidinas) y no son estables, aunque se estabilizan por sustitución con diferentes azúcares a diferentes posiciones. Los azúcares sustituyentes pueden ser simples (por ejemplo, glucosa, galactosa) o complejos e inusuales. Las antocianinas no están asociadas con lípidos en las células vegetales, son solubles en agua y en disolventes orgánicos polares, pero no son solubles en aceites o en disolventes apolares, tales como cloroformo o hexano.

Las antocianinas pueden ser un buen ejemplo de pigmento natural con potencial uso en alimentos porque son abundantes en la naturaleza, pueden obtenerse a partir de subproductos de la industria alimentaria, pueden proporcionar una variedad de colores y mecanismos de estabilización como la co-pigmentación. Las antocianinas, a pesar de ser muy conocidas, no se aplican en gran medida en la práctica como colorantes en alimentos debido a su baja estabilidad. Por lo tanto, la aplicación de técnicas que contribuyan a estabilizar estos pigmentos para conseguir disminuir la degradación del color (mejora de la vida útil) o intensificarlo a través de efectos hiperocrómicos (incluso dosis más baja en el producto) resultarán muy valiosos para la industria alimentaria (Galaffu et al., 2015).

Otro conocido pigmento natural es la betalaína de la remolacha roja. El uso de la remolacha roja para colorear los caramelos de gelatina no es una aplicación muy común. Las betalaínas de remolacha y betacianinas son más sensibles al calor que los otros pigmentos mencionados y, por tanto, su funcionalidad como colorante de caramelos es escasa. Su agradable tono rosado cambia rápidamente a naranja-pardusco durante el calentamiento y posterior almacenamiento de los productos en condiciones ambientales que favorecen la oxidación (Fernández-López et al., 2013). Por otra parte, el licopeno del tomate, aunque posee una tonalidad roja atractiva, no se utiliza comúnmente para colorear los caramelos de goma. Ello se debe en parte a que la dosis máxima de 30 mg / kg permitida en la Unión Europea en confitería limita su uso. Además, el licopeno tiene un alto coste económico en comparación con otros pigmentos que funcionan bien en este tipo de aplicaciones.

Los colores amarillo o naranja se utilizan en casi todas las categorías de productos alimenticios. Los principales pigmentos naturales que podrían impartir un tono amarillo o naranja incluyen Curcumina, cártamo y diferentes carotenoides. En general, los pigmentos amarillo-naranja son típicamente liposolubles y, por tanto, menos dependientes del pH, aunque son propensos a la oxidación. La desestabilización de los carotenoides da lugar a menudo a la formación de los correspondientes isómeros cis-trans, aunque estos tienen diferentes propiedades

químicas, y pueden recuperar su estructura inicial. También se cree que la isomerización es el primer paso para la degradación. En este caso, la elección del color amarillo-naranja natural no depende tanto de las condiciones de procesado que se van a aplicar, las propiedades de la matriz alimenticia o la vida útil deseada, ya que la estabilidad química de los diferentes tipos de carotenoides disponibles en general es bastante similar (Galaffu et al., 2015).

Curcumina E-100

Los tubérculos (rizomas terrestres de cepas naturales) amarillos de la cúrcuma (*Curcuma longa L.*) son bien conocidos como especias y como material de donde se extrae con disolventes, tras el desodorizado, secado y triturado en polvo, el pigmento conocido como Curcumina, colorante para los alimentos. A fin de obtener un polvo concentrado de Curcumina, el extracto se purifica mediante cristalización. El producto consiste fundamentalmente en curcuminas, es decir, el principio colorante (1,7-bis (4-hidroxi-3-metoxifenil)-hepta-1,6-dieno-3,5-diona) y sus dos derivados desmetoxilados en distintas proporciones. Pueden estar presentes pequeñas cantidades de aceites y resinas que aparecen de forma natural en la cúrcuma. Para su extracción se utilizan disolventes como etilacetato, acetona, dióxido de carbono, diclorometano, n-butanol, metanol, etanol y hexano. La Curcumina proporciona un pigmento amarillo, aunque su aplicación está limitada por su sensibilidad a la luz y su dependencia del pH. En cuanto a sus aplicaciones, su uso está permitido en coberturas y rellenos de harina, así como su uso más común en productos lácteos, postres, confecciones de azúcar, sopas y salsas.

Oleoresina del pimentón (E-160c)

La oleoresina del pimentón se extrae del pimiento dulce (*Capsicum annum L.*). La oleoresina de pimentón se produce inicialmente como un producto oleoso cuyos pigmentos están formados principalmente por carotenoides de color amarillo y anaranjado. Los carotenoides son generalmente solubles en aceite y, por

tanto, adecuados para colorear alimentos grasos, como la margarina y los productos lácteos. Las fuentes naturales incluyen pimentón, luteína, carotenos de aceite de palma y licopeno de tomate. La estructura de los carotenoides es más diversa que la de las antocianinas. La unidad básica es una estructura hidrocarbonada C₄₀, se denominan carotenos cuando su estructura solo contiene átomos de carbono e hidrógeno, y xantofilas cuando además contienen moléculas de oxígeno. Algunos carotenoides son acíclicos (por ejemplo, el licopeno), aunque la mayoría contienen un anillo de seis miembros en un extremo o en ambos extremos (por ejemplo, b-caroteno). Aunque se conocen alrededor de 500 carotenoides en la naturaleza, muy pocos son hidrosolubles, por ello han alcanzado una gran importancia en la industria alimentaria. Su falta de solubilidad en agua significa que tienden a ser más estables en los alimentos procesados que las antocianinas, ya que permanecen unidas a fragmentos celulares. Así, los pigmentos carotenoides de los tomates en conserva son más estables que las antocianinas de las fresas en conserva. Para ampliar la gama de aplicaciones en las que se pueden usar carotenoides, se han desarrollado aplicaciones de formulaciones solubles en agua usando tecnologías de emulsión y dispersión. El tipo más común de formulaciones solubles en agua son emulsiones en las que el aceite que contiene carotenoides se convierte en una fase discontinua dentro de una fase continua acuosa (Kendrick, 2012), esto facilita su disolución en bebidas no alcohólicas (Lea y Henry, 2003). Sin embargo, los carotenoides siguen siendo propensos a la degradación una vez liberados de su matriz celular y son particularmente susceptibles a la luz y al oxígeno.

Muchos colorantes naturales pueden ser usados para colorear caramelos de goma dependiendo de la tonalidad que se quiera obtener en el producto final. El colorante rojo Cochinilla posee una coloración rojo borgoña, clara y cristalina. La Curcumina proporciona una tonalidad amarillo limón fluorescente, clara y brillante y podría ser empleada en los caramelos de plátano y piña. Una buena opción para colorear los caramelos de gelatina es el uso de productos vegetales que contienen antocianinas, como los extractos de fresa y uva tinta, que podrían reforzar la coloración rojo violácea de los caramelos de fresa y frambuesa. Otra opción es

emplear oleorresina del pimentón, rica en carotenoides, como la capsorubina, que podría proporcionar tonalidades amarillo-naranja típicas de los caramelos de naranja y melocotón.

El uso de colorantes naturales en las confecciones de azúcar no es tan sencillo como el uso de colorantes artificiales, debido a su menor estabilidad y su mayor heterogeneidad química, por tanto, el procesado debe adaptarse para cumplir con los requisitos de estabilidad del color. Cuando la temperatura de la mezcla de azúcar supera los 100 °C, la degradación del colorante se produce muy rápidamente en la mayoría de los casos, tal como sucede en el caso de las antocianinas (Patras et al., 2010). Para evitar tener que sobre dosificar el colorante con el objeto de compensar las pérdidas de color (lo que podría aumentar el coste del producto), el jarabe de azúcar se enfría a aproximadamente 80 °C y, una vez que se añade el colorante, la masa caliente de caramelo se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente. En confecciones azucaradas, el colorante rojo Cochinilla puede soportar tratamientos térmicos ligeros (0-85 °C) y elevados (>85 °C) mostrando una buena y media estabilidad, respectivamente; las antocianinas, contenidas en el extracto vegetal, pueden soportar medianamente tratamientos térmicos ligeros (0-85 °C), pero no se obtienen buenos resultados en tratamientos térmicos más fuertes (>85 °C); la Curcumina puede soportar tratamientos térmicos ligeros (0-85 °C), pero no se obtienen buenos resultados en tratamientos térmicos más fuertes (>85 °C); con respecto a la oleorresina, existe cierto desconocimiento sobre la estabilidad de estos pigmentos frente a tratamientos térmicos leves o moderados (Galaffu et al., 2015).

2.4.3. Fibra dietética

Cada vez hay más evidencias científicas de que una dieta rica en prebióticos produce efectos beneficiosos sobre el organismo tales como: regular la flora intestinal, reforzar el sistema inmunitario, reducir la incidencia del cáncer de colon, facilitar la eliminación de colesterol en sangre y prevenir y controlar los episodios de crisis en enfermos de Crohn y de colitis ulcerosa. La fibra actúa sobre el

metabolismo de lípidos e hidratos de carbono, y en mayor o menor medida, presenta potencial anticancerígeno. Además, su consumo disminuye el riesgo de padecer enfermedades cardíacas, coronarias y diabetes, además de mejorar el mantenimiento del peso (Anderson et al., 1994). La fibra, al no ser degradada por los enzimas del estómago y del intestino delgado, aumenta la viscosidad del contenido gástrico retrasando el vaciado del estómago e influye en la absorción de nutrientes.

Recientes hallazgos (Threapleton, 2013) apoyan las recomendaciones dietéticas que instan a incrementar la ingesta de fibra dietética, especialmente en personas fumadoras, con exceso de peso o con hipertensión, ya que su riesgo de accidente cardiovascular es mayor. Además, demuestran el papel de la fibra en la prevención de las enfermedades cardiovasculares en su conjunto; un grupo de patologías que genera casi la mitad (48%) de todas las muertes que se producen en Europa y la principal causa de muerte en todo el mundo. Los resultados revelan que un aumento en 7 gramos de la ingesta diaria de fibra se asocia con una disminución de un 7% en el riesgo de sufrir un accidente cardiovascular. Es algo factible, ya que dicha cantidad la encontramos en una ración de arroz integral acompañada de una pieza de fruta.

Desde el punto de vista tecnológico, se está estudiando la aplicación de una gama de fibras como un medio para mejorar la consistencia y la textura de las formulaciones desarrolladas. Un ejemplo de ello es la inulina y los fructoligosacáridos (FOS), los cuales pueden ser usados, tanto por sus ventajas nutricionales, como por sus propiedades tecnológicas, para ofrecer un doble beneficio: mejorar la calidad organoléptica y conseguir una composición nutricional mejor balanceada (Handa et al., 2012). Otras fibras como carragenanos, agarosa, gelanos, xantana y otras gomas se han empleado en alimentos que contienen un elevado nivel de azúcares (Gaspar et al., 1998; Kasapis et al., 2004).

En la mayoría de los países europeos, la inulina está considerada como un ingrediente alimentario funcional, natural y seguro. En Estados Unidos, la inulina goza de estatus GRAS por parte de la Agencia Federal de Drogas (Coussement,

1999; Kaur y Gupta, 2002; Milo, 2004). La inulina es un componente natural de reserva de varias frutas y hortalizas, sobre todo, de la raíz de Chicoria, tubérculos de Dhalia y la alcachofa de Jerusalén; aunque su obtención industrial se realiza mayoritariamente a partir de las raíces de la achicoria mediante un proceso de extracción con agua caliente seguido de una etapa de purificación y de otra de cristalización. La inulina nativa es una mezcla de cadenas de oligómeros y polímeros con un número variable de moléculas de fructosa, unidas por enlaces β (2 \rightarrow 1) que suele incluir en su extremo, una molécula de glucosa (French, 1993). Precisamente, la configuración β de este enlace es la que le confiere su carácter de fibra dietética (Flamm et al., 2001) ya que es la responsable de que la inulina sea resistente a la hidrólisis en el intestino delgado porque los enzimas digestivos que actúan en el mismo son específicos para los enlaces α -glicosídicos. Consecuentemente, la inulina no libera fructosa en el tracto gastrointestinal y por ello está clasificado como ingrediente alimentario de bajo aporte calórico (Roberfroid y Delzenne, 1998); además, está considerada como un producto adecuado para diabéticos. La media de peso molecular y grado de polimerización de la inulina dependen de la fuente, el tiempo de recolección y el proceso de producción. El grado de polimerización de las cadenas que la integran oscila entre 2 y 60 unidades, y suele caracterizarse por el grado de polimerización medio que en la inulina nativa es, aproximadamente, de 12.

La ingestión de inulina puede aportar, no solo los beneficios inherentes a su condición de fibra dietética (**tabla 8**) (reducción de los niveles de lípidos y de colesterol en la sangre, regulación del tránsito intestinal, incremento de la adsorción de calcio, etc.) (Flamm et al., 2001), sino también los derivados de su carácter prebiótico, relacionados sobre todo con la estimulación del crecimiento de las bifidobacterias (Roberfroid et al., 1998; Roberfroid y Slavin, 2000) y con la regulación de la flora intestinal del colon, disminuyendo el crecimiento de las bacterias de las clases fusobacteria y clostridia (Kaur y Gupta, 2002). Roberfroid (2005), ha resumido las posibles funciones fisiológicas que pueden tener los fructanos de tipo inulina, clasificándolas en tres grupos:

- a. Funciones suficientemente contrastadas científicamente, en las que se incluyen, además de las citadas anteriormente, la mejora en la absorción de determinados minerales (Ca y Mg) y la reducción de la lipogénesis hepática;
- b. Funciones sobre las que hay estudios convincentes pero que necesitan todavía una confirmación, como las relacionadas con el metabolismo del colesterol, con la función inmune, con la atenuación de los procesos inflamatorios o con la reducción del riesgo de padecer cáncer de colon y finalmente; y
- c. Funciones relacionadas con los resultados prometedores de algunas investigaciones recientes (absorción gastrointestinal de otros minerales: Fe, Cu, Zn), incremento de la resistencia a las infecciones intestinales, reducción del riesgo de metástasis en los procesos cancerosos, etc.).

Tabla 8. Efectos nutricionales y potenciales beneficios saludables de los fructanos tipo inulina. Roberfroid (2007).

Enhanced functions
Composition and activities of the gut microflora
Stool production
Absorption of Ca and other minerals
Production of gastrointestinal endocrine peptides
Immunity and resistance to infections
Lipid homeostasis
Reduction of disease risks
Intestinal infections
Irritable bowel diseases
Colon cancer
Osteoporosis
Obesity

Además de sus efectos beneficiosos para la salud, la inulina tiene unas propiedades tecnológicas interesantes (**tabla 9**), como edulcorante de contenido calórico reducido (especialmente en combinación con edulcorantes de alta intensidad), como agente de relleno, como sustituto de grasa, por su capacidad de retención de agua, capacidad para formar gel o por su capacidad para modificar la textura (Blecker et al., 2001; Tunland y Meyer, 2002; O'Brien et al., 2003). Estas propiedades están ligadas al grado de polimerización de sus cadenas. La inulina de cadena larga, con grado de polimerización alto (22-25), es más estable térmicamente, menos soluble y más viscosa que la nativa (Wada et al., 2005), y tiene una capacidad como sustituto de grasa (Voragen, 1998; Coussement, 1999). Sus propiedades como sustituto de grasa se atribuyen a sus propiedades gelificantes, es decir, su capacidad para formar microcristales que interactúan entre sí formando pequeños agregados que ocluyen gran cantidad de agua, originando una textura cremosa y fina que proporciona una sensación bucal similar a la de la grasa (Franck, 2002; Kaur y Gupta, 2002; Bot et al., 2004). La formación de pequeñas partículas insolubles de inulina induce a una textura similar a un gel (Kim, et al., 2001). Esto se debe a la disminución del tamaño de partícula y la formación de una red compuesta de aglomerados interactuando con la solución lo que conduce a tales modificaciones de la textura (Ronkart et al., 2010). La formación del gel de inulina se ve afectado por la concentración, la temperatura, el tiempo, el solvente usado, la agitación y el pH (Kim et al., 2001). Cuando la inulina es completamente mezclada con agua u otro líquido acuoso usando un equipo de agitación tal como un homogeneizador o Ultraturrax, se obtiene un producto resultante con una estructura cremosa blanca parecido a la margarina (Franck, 1993). El gel formado es físicamente estable debido a las grandes cantidades de agua inmovilizada en la red (Cui y Roberts, 2009). De esta manera, sin modificar químicamente el polímero, se consigue cambiar las propiedades de textura de los sistemas acuosos de inulina gracias a un incremento en la viscosidad (Ronkart et al., 2010). La inulina trabaja de forma sinérgica con muchos agentes gelificantes incluyendo, gelatina, alginatos, carragenanos, gomas y maltodextrinas (Roberfroid, 2005). En combinación con la gelatina produce sinergia (Roberfroid, 2005) y, por lo tanto, ofrece buenas posibilidades para su uso como agente co-gelificante en

caramelos de goma, un producto en el que la resistencia del gel depende principalmente de la gelatina.

Tabla 9. Aplicaciones y funciones de la inulina. Madrigal y Sangronis (2007).

Aplicación	Funcionalidad
Productos lácteos	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, emulsificantes, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes
Postres congelados	Textura, depresión en el punto de congelación, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes
Productos untables	Estabilidad de emulsión, textura y capacidad de ser untado, sustituto de grasas
Productos horneados	Disminución de a_w , sustituto de azúcares
Cereales de desayuno	Crujencia, capacidad de expansión
Preparación con frutas (no ácidas)	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, estabilidad de emulsión, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes
Aderezos de ensaladas	Cuerpo y palatabilidad, sustituto de grasas
Productos cárnicos	Textura, estabilidad de emulsión, sustituto de grasas
Chocolate	Sustituto de azúcares, humectante

La adición de inulina en proporciones bajas tiene un pequeño impacto en propiedades reológicas y sensoriales de los alimentos debido a su sabor neutro o ligeramente dulce y a su limitado efecto sobre la viscosidad (Franck, 2002; Kalyani et al., 2010), mientras que su uso a niveles relativamente altos podría incluso mejorar el sabor, la sensación en boca y la vida útil de diferentes productos alimenticios (productos lácteos, chocolates, barras energéticas, cereales extruidos y productos de pastelería blanda) sin alterar significativamente sus características específicas (Tungland y Meyer 2002).

La inulina se emplea en un gran número de aplicaciones en la industria alimentaria, como, por ejemplo, para la elaboración de productos lácteos, horneados, bebidas, cereales, helados, productos untables poco calóricos y en confecciones dulces (Franck, 2000; Meyer et al., 2011). Los reclamos nutricionales sobre alimentos funcionales enriquecidos en fibra como la inulina deben llevar un contenido de 3-6 g/100 g o ml (Reglamento (CE) 1924/2006) y contener de 3-8 g por porción para asegurar un efecto bifidogénico (Coussement, 1999; Meyer, 2009).

Los FOS son oligosacáridos naturales que contienen fructosa y se encuentran en plantas como achicoria, cebollas, ajos, espárragos, plátanos y alcachofas, entre otras. Están compuestos de una cadena de unidades de fructosa con una unidad de glucosa terminal. Los FOS se obtienen industrialmente de la raíz de achicoria mediante hidrólisis enzimática controlada de la inulina nativa con una endo-inulinasa, el producto resultante es una oligofructosa, con un grado de polimerización que oscila entre 2 y 7 y cuyo valor medio es de 4. Los FOS son considerados fibra soluble y pertenecen al grupo de los oligosacáridos no digeribles, ya que no son degradados por los enzimas intestinales (amilasas, sacarasas y glucosidasas) y llegan intactos al tracto final del intestino. La microflora intestinal presente es capaz de metabolizarlos, dando lugar a ácidos grasos de cadena corta, dióxido de carbono, aminoácidos y otros metabolitos. Estudios *in vitro* han demostrado que los FOS son metabolizados selectivamente por las bifidobacterias y que esta fermentación selectiva induce una disminución del pH del medio, debido a la producción de grandes cantidades de ácidos láctico y

acético, que inhiben el crecimiento de bacterias patógenas. Los FOS están siendo incluidos en numerosos productos alimentarios por su efecto positivo como prebiótico, estimulante del crecimiento de la flora intestinal no patógena, beneficiosa para la salud. Además, poseen otras interesantes bioactividades: prevención y tratamiento del cáncer, disminución de colesterol en sangre, absorción de calcio y lípidos, tratamiento de anemia y del estreñimiento (Niness, 1999; Flamm et al.2001; Tungland y Meyer 2002).

Los FOS poseen propiedades tecnológicas que son comparables a las del azúcar y el jarabe de glucosa (Crittenden y Playne, 1996). La oligofructosa es mucho más soluble y más dulce que la inulina nativa, posee un menor contenido calórico (1-2 Kcal/g) que la sacarosa y un poder edulcorante también inferior a ésta (30-35%). El empleo de oligofructosa puede ser útil para reemplazar total o parcialmente la sacarosa de una formulación cuando se combina con otros edulcorantes no calóricos. Además, la oligofructosa proporciona un sabor dulce sin efecto residual y mejora los sabores frutales, y, empleada en combinación con edulcorantes intensos como el aspartamo y el acesulfamo K, proporciona mezclas interesantes que aportan una sensación bucal más completa y un sabor mejor mantenido con escaso retrogusto, así como una estabilidad mejorada. Las combinaciones de oligofructosa con acesulfamo K y aspartamo también exhiben sinergia como edulcorantes (Wiedmann y Jager, 1997). La oligofructosa muestra buena estabilidad durante los procesos industriales habituales (por ejemplo, durante los tratamientos térmicos) a pesar de que los enlaces β entre unidades de fructosa pueden hidrolizarse a altas temperaturas y en condiciones muy ácidas, liberando fructosa. La oligofructosa también contribuye a mejorar la sensación en la boca, muestra propiedades humectantes, reduce la actividad del agua, garantiza una alta estabilidad microbiológica y afecta a los puntos de ebullición y congelación (Franck, 2002).

Junto con los gelificantes habituales (almidón y pectina) y la inulina, existen otras fibras dietéticas y materia primas con potencial uso en productos dulces gelificados del tipo de los caramelos de goma, aunque se ha estudiado poco al

respecto. La **tabla 10** muestra algunas de las fibras dietéticas y materias primas empleadas en sistemas gelificados.

Tabla 10. Fibras dietéticas y materias primas empleadas en sistemas gelificados.

Fibra	Función	Autor
B-D glucanos (cebada)	Capacidad de formar geles a partir de 2%	Cui and Roberts, 2009
Psilio (<i>Plantago psyllium</i>)	Capacidad de formar geles	Cui and Roberts, 2009; Habilla et al., 2011
Arándanos (<i>Vaccinium</i> , familia Ericaceae)	Beneficios nutricionales	Vilches, 2005
Goma Konjac (<i>Araceae amorphphallus</i>)	Incrementa la viscosidad	Habilla et al., 2011; Bandol Utomo et al., 2014
Piel de uva (<i>Vitis vinifera L.</i>) en polvo	Beneficios nutricionales	Cappa et al., 2015
Alginatos y K-carragenanos	Capacidad de formar geles	Muñoz et al., 1986
Melocotón	Capacidad de formar geles	Grigelmo-Miguel y Belloso, 1999
Salvado de avena y almidón resistente	Beneficios nutricionales	Bustos et al., 2011
Goma xantana, garrofín y gelano	Capacidad de formar geles	Damásio et al., 1997
Goma xantana, garrofín y gelano	Beneficios nutricionales	Gaspar et al., 1998
Hierba mate	Capacidad de formar geles	Vieira et al., 2008

2.4.4. Edulcorantes

Los edulcorantes son sustancias que se emplean como sustitutos del azúcar, ya que tienen la capacidad de endulzar y mejorar el sabor de algunos alimentos y bebidas. Existen dos tipos principales de edulcorantes, por un lado, los nutritivos (polialcoholes) y, por otro, los artificiales (de alta intensidad) que no aportan calorías y no influyen en la glucemia. Un elevado consumo de azúcar está asociado con enfermedades, como la obesidad, las enfermedades coronarias o la diabetes mellitus tipo 2, entre otras (Melanson et al., 2009). La prevalencia de la obesidad está aumentando en todo el mundo y constituye un problema de salud pública en muchos países (International Obesity Task Force, 2002), y, por lo tanto, se recomienda bajar el consumo de azúcar (FAO / OMS, 2003). Esta recomendación se dirige no sólo al consumidor, sino que también requiere que la industria alimentaria reduzca el contenido de azúcar en los alimentos procesados (Barclay et al., 2008). Sin embargo, el azúcar desempeña importantes funciones en productos de confitería, y su reducción y eliminación es un reto difícil. El grado de dulzor puede llegar a conseguirse con edulcorantes de alta intensidad y reducir a la vez las calorías del alimento en cuestión. Sin embargo, muchas de las funciones que proporcionan los azúcares, tales como la retención de humedad y la texturización, no son fáciles de imitar. Por ello, el reemplazo de los azúcares deberá tener en cuenta, tanto el dulzor, como el efecto de volumen que proporciona la sacarosa (Martínez-Cervera et al., 2012).

Una de las técnicas habituales de edulcoración es emplear edulcorantes no nutritivos de alta intensidad, más potentes que la sacarosa, como, por ejemplo, sacarina, aspartamo, sucralosa, acesulfamo-K, neotamo o tagatosa. A menudo se emplean mezclas sinérgicas de estos edulcorantes para conseguir una sensación de dulzor lo más natural posible. La pérdida de azúcar del producto se puede compensar con agentes de relleno, como las maltodextrinas, que son derivados del almidón, aunque éstas pueden no reproducir la sensación de textura original y, además, acaban siendo degradadas hasta glucosa, lo que resulta contraproducente si se quiere reducir la ingesta de azúcar. Las desventajas de estos edulcorantes y, por lo que generan cierto rechazo por parte de los consumidores es se asocian con

el riesgo potencial de padecer cáncer cuando se usan intensamente y a menudo producen un regusto metálico o amargo y (Schiffman et al., 1995). A su vez, el consumo de edulcorantes artificiales no calóricos ha sido relacionado con algunos marcadores metabólicos vinculados a la obesidad, como niveles elevados de glucemia basal y de la tolerancia a la glucosa (Suez et al., 2014). Por todo esto, la industria alimentaria busca alternativas a los edulcorantes artificiales, tales como polialcoholes, esteviósidos, polidextrosa y oligosacáridos, con el objeto de conseguir productos alimenticios con un contenido reducido en azúcares o sin ellos.

Otra alternativa es usar oligosacáridos prebióticos como agentes de relleno. Algunos tipos de fibra alimentarias, como fructo-, galacto-, isomalto- y xilooligosacáridos, son solubles en agua, apenas aportan sabor dulce y sufren una mínima degradación en el intestino delgado, por lo que tienen potencial para ser incluidas en formulaciones de golosinas “bajas en calorías”. Un aspecto limitante es su estabilidad frente al procesado, ya que pueden perder parcialmente su naturaleza oligosacáridica por calentamiento en medio ácido, originando sus correspondientes mono- y disacáridos (Bañón 2015).

La sustitución de grandes cantidades de azúcar por cantidades equivalentes en peso de edulcorantes también se puede realizar con polialcoholes bajos en calorías. Los polialcoholes o alcoholes polihídricos son carbohidratos de baja digestibilidad, que se definen químicamente como derivados de sacáridos, se obtienen sustituyendo un grupo cetona o aldehído por uno de hidroxilo e incluyen al sorbitol, manitol (monosacáridos hidrogenados), maltitol, lactitol, isomalt (disacáridos hidrogenados), xilitol y eritritol (Zumbé et al., 2001). Como la mayoría de los alcoholes de azúcar estos productos se producen a partir de sus correspondientes azúcares aldosa, también se les llama alditoles (Mäkinen, 2011) y debido a sus propiedades, son ampliamente utilizados en las industrias de alimentos, bebidas y farmacéuticas en todo el mundo. Así mismo, han encontrado uso como edulcorantes a granel que promueven la salud dental y ejercen un efecto prebiótico (Grembecka, 2015), además de su reducido aporte calórico (**tabla 11**). Estas moléculas proporcionan volumen, textura y tienen propiedades tecnológicas

similares a la sacarosa y la glucosa (Sicard y Leroy, 1983; Goosens y Ro Èper, 1994; Sicard y Le Bot, 1994; Le Bot y Gouy, 1995). Desde un punto de vista nutricional, estos polialcoholes son excelentes sustitutivos de la sacarosa, ya que son mucho más fáciles de digerir, se metabolizan poco a poco y se absorben de manera incompleta. Algunos polialcoholes también se caracterizan por una respuesta glucémica más baja que la de la glucosa y se pueden metabolizar sin insulina, siendo, al mismo tiempo, compuestos naturales.

Las **tablas 12 y 13** muestran una comparativa de la tolerancia y las características de los polialcoholes, respectivamente. La utilización de edulcorantes está regulada por Reglamento (CE) N 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008, sobre aditivos alimentarios en su Anexo II (Lista de la Unión de aditivos alimentarios autorizados para su utilización en alimentos, y condiciones de utilización) y posteriores modificaciones.

Desde un punto de vista tecnológico, el procesado de polialcoholes presenta ciertas dificultades técnicas debido a que las propiedades reológicas de las masas de golosinas (fluencia, viscosidad, adhesividad, elasticidad, etc.) son diferentes a las de las masas convencionales a base de azúcar, lo que dificulta su manejo y la obtención de las texturas y los formatos deseados (deformaciones, pegajosidad, falta de firmeza, etc.). Ello puede obligar a tener que rediseñar las líneas de fabricación (bombas, filtros, mezcladores, extrusores, formadoras, túneles y cámaras de enfriamiento y pre-secado, troqueladoras, cortadoras, etc.) para adaptarlas a masas más adhesivas e higroscópicas (Bañón 2015).

Tabla 11. Valor calórico (kcal/g), poder edulcorante e índice glucémico de polialcoholes. a: sacarosa 1, b: glucosa 100. Grembecka, (2015).

Polyol	Sweetness ^a	Caloric value (kcal/g)		Glycemic index ^{b*}
		US data*	European regulations*	
Erythritol	0.6–0.8	0.2	2.4	0
Isomalt	0.45–0.65	2.0		9
Lactitol	0.3–0.4	1.9		6
Maltitol	0.9	2.1		35
Mannitol	0.5–0.7	1.6		0
Sorbitol	0.5–0.7	2.7		9
Xylitol	1.0	2.4		13

Tabla 12. Comparativa de la tolerancia de los polialcoholes. Zumbé et al. (2001).

Polyol	Description	Osmotic potential	Metabolism	Tolerance
Sorbitol	Monosaccharide	Higher osmotic potential	Passively absorbed	Lower tolerance
Mannitol	Monosaccharide		Passively absorbed	
Lactitol	Disaccharide		Minimally hydrolysed	
Isomalt	Disaccharide		Partially hydrolysed	
Maltitol	Disaccharide	Lower osmotic potential	Partially hydrolysed	Higher tolerance
Lycasin	Polysaccharide		Partially hydrolysed	

Tabla 13. Características de los polialcoholes. Grembecka (2015).

Sugar alcohol	Formula	Systematic name	Synonyms	Functional classes
Erythritol	C ₄ H ₁₀ O ₄	(2R,3S)-1,2,3,4-Butanetetrol	-Erythrite -Meso-erythritol -Tetrahydroxybutane	Flavor enhancer Humectant Sweetener
Isomalt	C ₁₂ H ₂₄ O ₁₁	6-O-alpha-D-glucopyranosyl-, mixed with 1-O-alpha-D-glucopyranosyl-D-mannitol	-Hydrogenated isomaltulose -Isomaltitol	Anti-caking agent Bulking agent Glazing agent Stabilizer Sweetener Thickener
Lactitol	C ₁₂ H ₂₄ O ₁₁	4-O-beta-L-Galactopyranosyl-L-glucitol	-Lactit -Lactobiosit -Lactositol	Emulsifier Sweetener Thickener
Maltitol	C ₁₂ H ₂₄ O ₁₁	4-O-alpha-D-Glucopyranosyl-D-glucitol	-D-Maltitol -Dried maltitol syrup -Hydrogenated glucose syrup -Hydrogenated high maltose content glucose syrup -Hydrogenated maltose -Maltitol syrup powder	Bulking agent Emulsifier Humectant Stabilizer Sweetener Thickener
Mannitol	C ₆ H ₁₄ O ₆	D-Mannitol	-Mannite -D-Mannitol	Anti-caking agent Bulking agent Humectant Stabilizer Sweetener Thickener
Sorbitol	C ₆ H ₁₄ O ₆	D-Glucitol	-D-Glucitol, -D-Glucitol syrup -Sorbit -D-sorbitol -Sorbol	Bulking agent Humectant Sequestrant Stabilizer Sweetener Thickener
Xylitol	C ₅ H ₁₂ O ₅	D-erythro-pentitol	-	Emulsifier Humectant Stabilizer Sweetener Thickener

2.4.5. Vitaminas

Los beneficios para la salud de las vitaminas son bien conocidos. El organismo necesita pequeñas cantidades de ellas todos los días, ya que realizan funciones catalíticas y funcionan como coenzimas o en el control de ciertas reacciones metabólicas. Las frutas frescas contienen gran cantidad de vitaminas, partes de las cuales se pierden al elaborar los concentrados de fruta, pese a que los modernos procesos de secado a vacío permiten la obtención de concentrados con un moderado tratamiento térmico. Muchas golosinas se basan en formatos, colores y sabores frutales e incluso existen productos elaborados con derivados de fruta que incluyen declaraciones nutricionales. Por dicho motivo, como estrategia nutricional y reclamo comercial, algunas empresas enriquecen los caramelos frutales con vitaminas, como retinol (A), ácido ascórbico (C) y tocoferol (E).

La vitamina A es una vitamina liposoluble que se almacena en el hígado. Hay dos tipos de vitamina A en la dieta, por un lado, la vitamina A preformada que se encuentra en productos de origen animal, como el hígado y la carne de res, pescado, aves de corral y productos lácteos y, por otro lado, la provitamina A, presente en alimentos de origen vegetal, como frutas y verduras. El tipo más común de provitamina A es el β -caroteno. La vitamina A también está disponible en forma de suplementos, bien para ser adicionados a los productos alimenticios o directamente en la dieta. En la mayoría de los casos se presenta en forma de acetato de retinilo o palmitato de retinilo (vitamina A preformada), β -caroteno (provitamina A) o una combinación de vitamina A preformada y provitamina A. La vitamina A ayuda a la formación y al mantenimiento de dientes, tejidos blandos y óseos, membranas mucosas y piel sanos. Favorece la buena visión, especialmente ante la luz tenue. También se puede requerir para la reproducción y la lactancia (NIH, 2016). Desde un punto de vista tecnológico, la vitamina A es un compuesto poco soluble en agua que tiene que ser emulsionado antes de su incorporación a las formulaciones de golosinas. El problema es que el retinol es muy lábil frente a los tratamientos térmicos y la oxidación por aire y por la luz, por lo que es bastante frecuente que se produzca cierta degradación de los suplementos vitamínicos adicionados a los caramelos.

La vitamina D también pertenece al grupo de vitaminas liposolubles y se presenta bajo dos formas principales: vitamina D3 (colecalfiferol) y vitamina D2 (ergocalciferol). La dieta aporta vitamina D3 de origen animal y D2 presente en los vegetales (no pudiendo ser sintetizado por el hombre) (Le Grusse y Watier, 1993; Rapado, 2000), aunque se estima que el 80% de la vitamina D del cuerpo humano proviene de la síntesis cutánea. Existen evidencias científicas que demuestran que una ingesta adecuada de vitamina D contribuye a la prevención de enfermedades esqueléticas y no esqueléticas. La deficiencia en vitamina D causa raquitismo en niños pequeños y puede dar lugar a una temprana osteoporosis en la edad adulta (Tangpricha et al., 2002; Lips, 2004). En Europa, hay ciertos grupos de población que tienen un alto riesgo de padecer deficiencia de vitamina D pudiendo ser debido al menor número de horas de luz solar (latitud, estación del año, etc.), a conductas sociales (duración de la exposición solar) y/o hábitos religiosos, a circunstancias fisiológicas especiales que crean una demanda suplementaria (Rodríguez, 2006). Por ello, los principales grupos de riesgo van a ser las personas de edad avanzada, adolescentes e inmigrantes. La vitamina D se presenta bajo el aspecto de un polvo cristalino blanco-amarillento, es fácilmente soluble en éter y cloroformo, ligeramente soluble en aceites y grasas e insoluble en agua. La vitamina D es sensible a la luz, al oxígeno y a los ácidos, degradándose rápidamente. Es una vitamina relativamente termosensible, ya que en forma cristalizada es bastante estable al calor pero, por el contrario, en solución oleosa se isomeriza (Primo, 1997). En el caso de los caramelos, la incorporación de vitamina D debe llevarse a cabo con productos emulsionados que se añaden tras el tratamiento térmico, una vez que la masa de los caramelos se ha enfriado.

La vitamina C o ácido ascórbico es una vitamina necesaria para el normal crecimiento y la reparación de tejidos corporales. La función principal de esta vitamina es la de actuar como antioxidante evitando los radicales libres, además es necesaria para la formación de la piel, el tejido cicatricial, tendones, los ligamentos y los vasos sanguíneos. Además, la vitamina C es esencial para la curación de las heridas y para la reparación y mantenimiento de cartílagos, huesos y dientes, entre otras funciones. El cuerpo no puede producir la vitamina C por sí solo, ni tampoco

la almacena, por lo tanto, es importante incluir muchos alimentos que contengan esta vitamina en la dieta diaria (National Institutes of Health, 2016). La vitamina C se encuentra de forma natural en altas concentraciones en frutas y verduras, mientras que los suplementos nutricionales de vitamina C incluyen diferentes productos, como el ácido ascórbico, los ascorbatos, y el palmitato de ascorbilo, entre otros. Desde un punto de vista tecnológico, la vitamina C es un compuesto hidrosoluble y, por tanto, no necesita ser emulsionada durante su incorporación a los caramelos. Sin embargo, es una molécula extremadamente termolábil y muy reactiva en condiciones de oxidación, por lo que se degrada rápidamente en los productos adicionados con esta vitamina.

La vitamina E o tocoferol es otra vitamina liposoluble presente en muchos alimentos. En el cuerpo, actúa como antioxidante general de los lípidos, al ayudar a proteger las células contra los daños causados por los radicales libres. Por otra parte, el organismo necesita vitamina E para estimular el sistema inmunitario a fin de que éste pueda combatir las bacterias y los virus que lo invaden. La vitamina E también ayuda a dilatar los vasos sanguíneos y evitar la formación de coágulos de sangre en su interior. Además, las células emplean la vitamina E para interactuar entre sí y para cumplir numerosas e importantes funciones. Desde un punto de vista tecnológico, la vitamina E es un compuesto liposoluble que tiene que ser emulsionado antes de su incorporación a las golosinas. La vitamina E resiste mejor los tratamientos térmicos y la oxidación que la vitamina A, aunque también puede degradarse en los caramelos elaborados con estas vitaminas.

En general, el grado de degradación de las vitaminas dependerá de las condiciones específicas durante el proceso culinario de las golosinas, como, por ejemplo, la temperatura, la presencia de oxígeno, la luz, la humedad, el pH y, por supuesto, la duración del tratamiento térmico y del almacenamiento (Lešková et al., 2006). Las vitaminas termolábiles se podrían proteger mediante microencapsulación con diferentes agentes (polisacáridos, etc.), lo que podría dar solución al problema, aunque habría que evaluar las posibles consecuencias sensoriales, especialmente para la textura, de este tipo de estrategias.

2.5. MÉTODOS PARA EVALUAR GELIFICANTES, COLORANTES Y EDULCORANTES EN LOS CAMELOS DE GOMA

La calidad de los caramelos de goma se controla habitualmente en las fábricas con medidas instrumentales básicas, como por ejemplo, el pH, la concentración de sólidos solubles determinada mediante refractometría, la temperatura, la humedad residual determinada con una termobalanza o por otros medios, el valor actividad de agua medido con un termohigrómetro, el grado de gelatinización del almidón empelando tinción con yodo y microscopía óptica, entre otros, aunque, existen técnicas más específicas para evaluar el impacto de diferentes ingredientes y tratamientos tecnológicos. Por ejemplo, para identificar cambios producidos por la gelatinización y retrogradación se emplean técnicas instrumentales macroscópicas, tales como el análisis reológico, evaluación sensorial, calorimetría diferencial del barrido, o análisis termogravimétrico, mientras que para estudiar la dinámica del agua se mide la actividad del agua, la movilidad del agua y la migración de la humedad.

2.5.1. Medida instrumental de la textura

La textura de los caramelos de goma puede evaluarse mediante métodos sensoriales o instrumentales. Los métodos sensoriales permiten evaluar atributos más complejos y cuestan más llevarlos a cabo, ya que requieren de un panel de degustación con jueces entrenados, aunque es difícil lograr la repetitibilidad de los resultados. Los métodos instrumentales, por otro lado, son fiables dentro de sus limitaciones y más económicos de usar. La caracterización del gel se realiza para comprender mejor los cambios de textura producidos por la adición y/o sustitución de otros ingredientes gelificantes y puede llevarse a cabo a distintos niveles, tales como reológico, estructural, microscópico y molecular, empleando diferentes instrumentos como viscosímetros, reómetros, texturómetros, calorímetros de barrido diferencial, microscopio electrónico de barrido, microscopio de fuerza atómica, resonancia magnética nuclear y espectroscopía de infrarrojo cercano (Saha y Bhattacharya, 2010). Entre ellas, la caracterización reológica de los

productos gelificados es la práctica más importante y extendida, ya que puede proporcionar un perfil de la microestructura del gel en términos de resistencia y viscosidad del gel, así como establecer parámetros que pueden estar relacionados con análisis sensorial y de textura (Burey et al., 2009). Además, se correlaciona con los atributos texturales del producto, lo que a su vez determina sus características sensoriales y la aceptabilidad del consumidor (Saha y Bhattacharya, 2010).

Dado que los sistemas gelificados están sometidos a grandes deformaciones durante el procesado y el consumo, las medidas reológicas del gel han sido ampliamente categorizadas en pruebas de deformación pequeña y grande. En general, se usan ensayos de deformación pequeña cuando se investigan los parámetros viscoelásticos de un gel; el parámetro más comúnmente utilizado para describir el comportamiento reológico es el corte o los módulos de Young determinados en la denominada región lineal viscoelástica, es decir, aquella región de deformación donde la tensión requerida para deformar un material es proporcional a la deformación (Saha y Bhattacharya, 2010). Los resultados de estos ensayos son independientes de la geometría de la sonda de medida y de la muestra, por ello, son inestimables para comparar la elasticidad de diferentes sistemas gelificantes. Por otra parte, se usan grandes ensayos de deformación para medir el esfuerzo cortante, el límite de elasticidad, la viscosidad aparente, la deformación y las propiedades de fractura del producto.

Desde el punto de vista reológico, los geles son materiales viscoelásticos, ya que presentan simultáneamente algunas de las propiedades elásticas de un sólido ideal y algunas de las propiedades de flujo de un líquido ideal. El estudio reológico de los sistemas alimentarios gelificados se basa en caracterizar parámetros como la viscosidad aparente, esfuerzo de cizallamiento, módulo de elasticidad, límite de elasticidad, módulo de corte, módulo de almacenamiento y pérdida, viscosidad compleja y ángulo de pérdida. Estos parámetros se determinan generalmente mediante pruebas de compresión, reometría oscilatoria dinámica, análisis de perfil de textura, etc. empleando instrumentos, como el analizador de textura universal, el reómetro de esfuerzo controlado, etc. (Saha y Bhattacharya, 2010).

Todos los geles exhiben propiedades viscoelásticas y, por lo tanto, una descripción reológica completa requiere la medición de parámetros en función del tiempo (Mitchell, 1976). Para la evaluación de las características del gel, los métodos de ensayo reológico pueden agruparse en tres tipos, fundamental, imitativo y empírico. Cada método tiene ciertas ventajas y algunas limitaciones.

Métodos fundamentales

Mide parámetros bien definidos como el módulo de elasticidad o la viscosidad. Las pruebas fundamentales de deformación pequeña se basan en la técnica de reometría oscilatoria dinámica, una prueba de fluencia y una prueba de relajación de estrés. En reometría oscilatoria dinámica, la muestra se somete a una tensión de tensión oscilatoria de frecuencia.

Métodos empíricos

Los métodos empíricos de deformación pequeña utilizados para medir la resistencia del gel comprenden las pruebas de compresión (o de penetración). El parámetro más común utilizado para medir la calidad del gel es la fuerza del gel. La elección del instrumento para la medición del gel dependerá de si se trata de un análisis de un solo punto o de múltiples parámetros. Se rige por factores como la adquisición de datos a alta velocidad, precisión y exactitud de los resultados. Las pruebas empíricas de gran deformación se utilizan para medir otro parámetro de geles conocido como resistencia a la rotura, es decir, la fuerza requerida para romper la muestra.

Métodos imitativos

Las mediciones de punto único, a menudo basadas en pruebas de ruptura, no son representativas del comportamiento mecánico general de los geles. Se obtiene una mayor comprensión de la textura del gel mediante el análisis de la

curva fuerza-deformación (**figura 7**) generada por compresión de una muestra de gel utilizando un sistema de medición de textura. Esta técnica instrumental se conoce como análisis de perfil de textura (en inglés TPA) y se basa en la aplicación de una fuerza de deformación grande similar a la de procesado oral (Szczesniak, 1962). Esta técnica instrumental se desarrolló en la década de 1960 y se ha utilizado durante muchos años para la medición de las propiedades texturales de los alimentos (Bourne, 1982; Sanderson, 1990; Lau, 2000). Se trata de una compresión del gel dos veces sucesivas y es capaz de proporcionar datos fundamentales y empíricos sobre las propiedades mecánicas de los geles. Tiene la ventaja de proporcionar datos, tanto a baja, como a alta tensión, permitiendo que los geles se caractericen por múltiples parámetros, entre los que se incluyen la dureza, fragilidad, adhesividad, elasticidad, masticabilidad, gomosidad y cohesividad, en relación con la deformación bajo una fuerza aplicada y se mide objetivamente en términos de la fuerza aplicada, distancia a la que se aplica la fuerza y tiempo de deformación (Burey et al., 2009). Una muestra de dimensiones conocidas es comprimida uniaxialmente por una sonda, liberada y comprimida de nuevo para obtener una curva de compresión en función del tiempo (Karim et al., 2000).

A lo largo del tiempo numerosos autores (Sousa et al., 1997; Gaspar et al., 1998; Lau et al., 2000; Rosenthal, 2010; Cui et al., 2011; Siegwein et al., 2010; Marfil et al., 2012; Fisher et al., 2014; Sun et al., 2014; Gu et al., 2015; Hani et al., 2015) han caracterizado geles alimentarios de almidón, gelatina y/o pectina utilizando medidas de TPA (**tabla 14**), utilizando para ello distintas condiciones de trabajo en función de la matriz estudiada.

Figura 7. Curva de análisis de un perfil de textura.

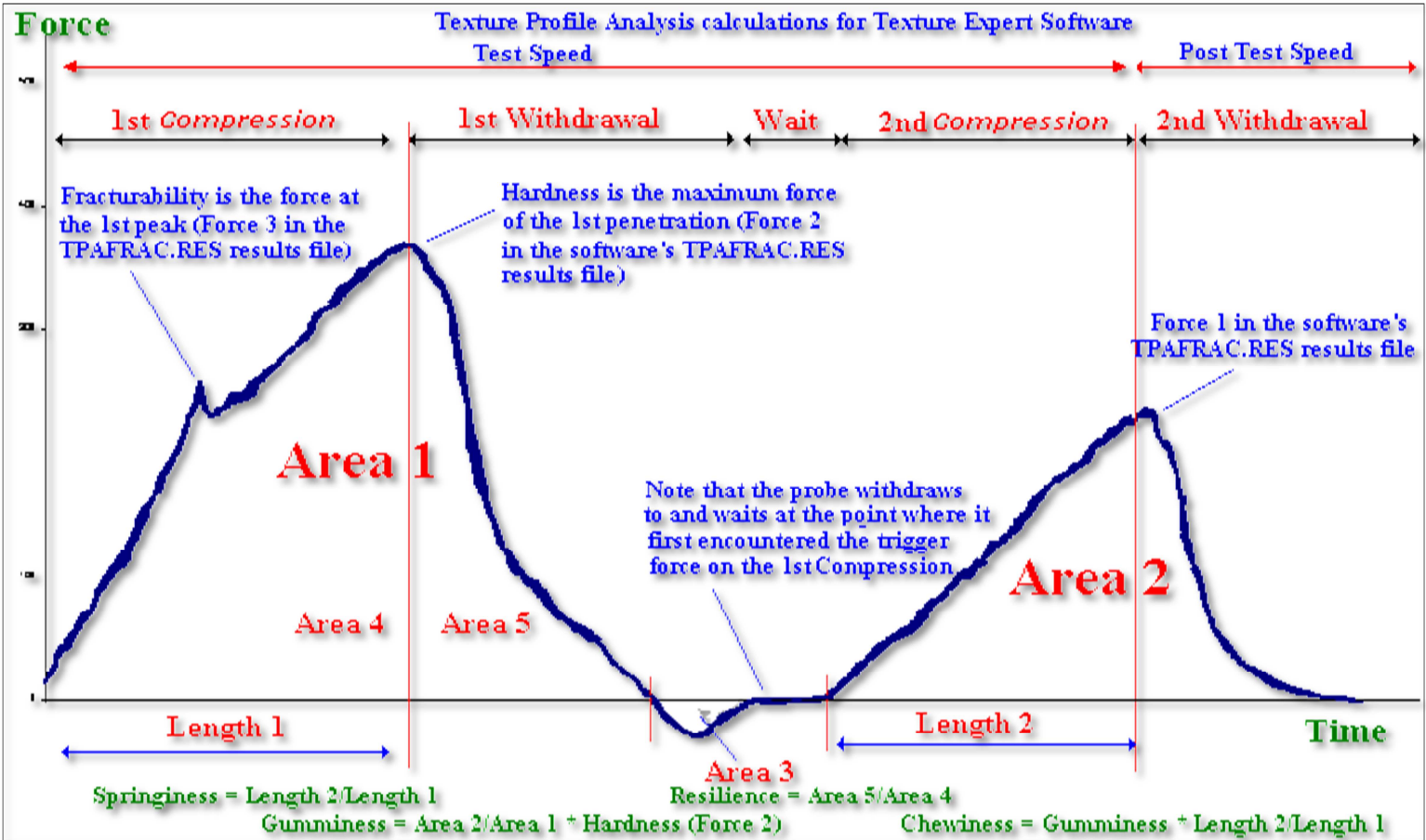


Tabla 14. Revisión bibliográfica sobre parámetros de medida de TPA en geles dulces.

SAMPLE (mm)	MEDIDA. EQUIPO	PROBE (mm)	CROSSHEAD SPEED	°PENETRATION	AUTHOR
Herbal gel. Truncated cone Ø 36/40, H 21 25 ml	TPA. Texture Analyzer TA-500. 500-50N	Cylinder Ø10	1, 1.5, 2, 2.5 mm/s	30, 40, 50, 60%	Cui et al., 2011
Strawberry confection cylindrical 6g L 26, Ø 10	TPA. Instron 5542. 100 N	Parallel plate Ø35	3	30%	Fisher et al., 2014
Grape juice jelly Ø 30, H 40	TPA. TAX-T2	Cylinder Ø25	2	4 mm	Sousa et al., 1997
Grape juice jelly Ø30, H 40	TPA. TA-XT2	Cylinder Ø19	2	2 mm	Gaspar et al., 1998
Pectin and starch confection. Cube 20mm ³	TPA. Instron 5542. 500 N	Parallel plate Ø35	1	40%	Gu et al., 2015
Gummy confections (pectin and gelatin) cylindrical Ø 15, H 10	TPA. TA-XT	Cylinder Ø36	2 (20 g trigger point)	75%	Hani et al., 2015
Gellan/gelatin mixed gel cylindrical Ø 30, H 20	TPA. TA-XT2	Parallel flat plate	0.5	30%	Lau et al., 2000
Model gel (glycerol+m.starch) cylindrical Ø 12.8 cylindrical Ø 18.5	TPA. TA. 39N	Parallel plate Ø38 y Cylinder Ø12.8	0.1, 0.3, 0.7, 1, 3.3, 6.6, 10	25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 90%	Rosenthal, 2010
Starch confections 40x20x5	TPA. Instron 5542.	Ø 35	2	50%	Siegwein et al., 2011
Starch gel. cylindrical Ø 37, H 20	TPA. TA-XT2	Ø 6	1	10 mm	Sun et al., 2014

2.5.2. Medidas de reflectancia

El color de los geles alimentarios es sin lugar a dudas una de las principales características que define a estos productos, por lo que tiene una influencia decisiva sobre la aceptación o rechazo por parte de los consumidores (Newsome, 1990; Blendford, 1995; Hendry y Houghton, 1996). Los cambios producidos en el color de los caramelos de goma por la incorporación de nuevos ingredientes, así como por la degradación de los colorantes naturales durante su almacenamiento, se pueden medir bien por métodos sensoriales o instrumentales. Un método objetivo frecuentemente empleado para alimentos gelificados como los caramelos de goma es el colorimétrico (Calvo y Salvador, 1997, 2000, 2002; Vieira et al., 2008; Hani, et al. 2015), el cual se fundamenta en el método triestímulo que mide la luz reflejada desde el alimento, utilizando tres sensores filtrados para presentar la misma sensibilidad que el ojo humano y, por tanto, mide directamente los valores X, Y y Z. Dichos valores triestímulos pueden utilizarse para calcular valores en otros espacios de color como pueden ser Yxy o $L^*a^*b^*$. El instrumento empleado es el colorímetro, el cual es adecuado para cuantificar cambios producidos en la superficie de los caramelos. El principal sistema de color utilizado en Europa es el CIELAB, aunque se pueden utilizar otros sistemas, como Hunter Lab o Munsell, entre otros. En el sistema CIELAB la luminosidad se expresa por el parámetro L^* , variando de 0 unidades CIE para negro a unidades CIE 100 para blanco. El color CIELAB se puede expresar en coordenadas que determinan un espacio esférico o cilíndrico. Si se emplea un espacio esférico, los dos ejes ortogonales del plano de cromaticidad del color, a^* y b^* representan la variación de rojo-verde (a^*) y amarillo-azul (b^*), respectivamente y normalmente toma valores entre -60 a 60 unidades CIE. Si se opta por una representación cilíndrica, las coordenadas cromáticas utilizadas son el tono o ángulo hue (h^*) que expresa cambios de color en una escala de 0 a 360 grados sexagesimales, junto con la saturación del color o croma (C^*) que es la hipotenusa del triángulo formado por las coordenadas a^* y b^* .

2.5.3. Evaluación sensorial

El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para medir, analizar e interpretar las reacciones humanas ante las características de los alimentos, así como la manera en que éstas son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (I.F.T., 1975). Uno de los principales problemas que afecta a los caramelos de goma es la desecación durante el periodo de almacenamiento, produciendo cambios indeseables en la textura característica del producto que resulta seriamente afectada, además los cambios en la formulación o en el proceso de fabricación dan como resultado un producto diferente en cuanto a atributos de textura, sabor, color y olor. Por lo que el análisis sensorial es una técnica muy adecuada para evaluar la intensidad de dichos cambios.

La investigación sobre la aceptabilidad de los alimentos se ha basado tradicionalmente en el análisis de la relación entre la composición, estructura y propiedades físicas del alimento y su aceptabilidad. Actualmente, el planteamiento es distinto: no todas las diferencias en composición, estructura o propiedades físicas del alimento dan lugar a diferencias perceptibles sensorialmente, ni todas las diferencias sensoriales percibidas provocan cambios en la aceptación del alimento. Además, los criterios que aplica el consumidor para elegir y consumir un alimento no siempre se explican por las diferencias percibidas en su calidad sensorial (Mela, 2001). Además de las características propias del alimento y de las sensaciones que el consumidor experimente al ingerirlo, la opinión que cada consumidor tenga sobre las características nutritivas o la composición del producto (Bruhn et al., 1992), sobre la seguridad del mismo (Wilcock et al., 2004) e, incluso, sobre su marca comercial (Guerrero et al., 2000) o sobre su precio (Caporale y Monteleone, 2001; di Monaco et al., 2004), condicionan su elección en el momento de la compra y pueden modificar el grado de placer al consumirlo. Este hecho es especialmente importante en la aceptación o rechazo de algunos tipos de alimentos, como los funcionales, que se presentan ante el consumidor como una posible alternativa a los alimentos convencionales (Urala y Lähtenmäki, 2004; Verbeke et al.; 2005, Verbeke, 2006). Por otro lado, la aceptabilidad de los caramelos de goma se puede

evaluar gracias a un estudio de consumidores empleando para ello un panel no entrenado y valorando atributos de textura y aroma principalmente.

La evaluación sensorial mediante un panel de consumidores implica un grupo de personas escogido al azar, siendo recomendable que éstas sean consumidores habituales o potenciales del producto que se va a evaluar (Anzaldúa-Morales, 1994). Este tipo de paneles se utiliza en pruebas afectivas, donde el catador expresa su reacción subjetiva ante el producto. En tanto que los datos recogidos expresan apreciaciones subjetivas, estas pruebas presentan una enorme variabilidad en los resultados y una difícil interpretación (Anzaldúa-Morales y Brennan, 1984). Las pruebas de preferencia y aceptación son las más conocidas (Lawless y Heymann, 2010), se usan indistintamente, pero son dos métodos distintos (Drake, 2007). En las pruebas de preferencia, a los consumidores se les solicita que indiquen cuál es la muestra de su preferencia. Mientras que en las pruebas de aceptación a los consumidores se presentan los productos y se les pide que indiquen su nivel de agrado en una escala.

El éxito de un alimento funcional en el mercado va a depender de que responda a las necesidades del consumidor (Urala y Lähtenmäki, 2004) y del grado de satisfacción que sea capaz de proporcionarle (Heldman, 2004). Por ello, la opinión del consumidor debe ser tomada en cuenta no sólo para evaluar la aceptabilidad del producto final sino desde el inicio del proceso de su desarrollo (van Kleef et al., 2002; Sijtsema et al., 2002).

Por su parte, los análisis sensoriales descriptivos permiten descripciones sensoriales completas de los productos y se utilizan para diferenciar dos o más muestras. Mediante estos métodos se pueden evaluar tanto aspectos cualitativos (por ejemplo, si la dureza se percibe en una muestra) como cuantitativos (grado de dureza) de los productos. Una de las principales técnicas de análisis descriptivo en la evaluación sensorial de los alimentos es el Análisis Descriptivo Cuantitativo (en inglés, QDA), el cual fue propuesto y desarrollado por Tragon Corporation en colaboración parcial con el Departamento de Ciencias de los Alimentos de la Universidad de Davis en California. El método QDA se basa en el principio de la

capacidad de un panelista para verbalizar y expresar sus percepciones acerca de un producto de forma fiable. Dicho método abarca un procedimiento formal de entrenamiento de los panelistas, el desarrollo y uso de un lenguaje específico sensorial y la valoración de los productos en repetidos ensayos para obtener una descripción cuantitativa completa. El análisis cuantitativo descriptivo incluye lo siguiente:

- Un listado completo de atributos sensoriales (basado en las percepciones)
- Orden de aparición de dichos atributos
- Relativa medida de intensidad para cada uno de los atributos a valorar en múltiples ensayos
- Análisis estadístico de los resultados obtenidos

Una de las intenciones iniciales de este método fueron mejorar el tratamiento estadístico deficiente de los datos obtenidos mediante el perfil de sabor y los métodos descriptivos relacionados (Meilgaard et al., 2007) y puede usarse para establecer diferencias entre productos, para desarrollar nuevos productos, para solucionar las quejas de los consumidores o para definir las relaciones sensoriales-instrumentales (Lawless y Heymann, 1998).

La apariencia es un factor importante que da calidad a los productos gelificados, siendo el color la primera impresión del consumidor respecto al producto. Es uno de los atributos que más influyen en la percepción de calidad por parte del consumidor, ya que determina la compra y el consumo regular (Francis, 1995). Existen diversos métodos para evaluar el color de los alimentos. Los consumidores pueden evaluar el color de los geles alimentarios según su luminosidad (percepción por la cual los objetos blancos se distinguen de los objetos grises y la luz de la oscuridad en los objetos coloreados) y el tono (atributo de la percepción del color por el cual un objeto es rojo, amarillo, verde, azul, púrpura, etc.) (Hunter y Harold, 1987). Además, para encontrar diferencias dentro de la misma gama de color, se mide la saturación (atributo de la percepción del color que expresa el grado de desviación del gris de la misma luminosidad) (Calvo y Salvador, 1997). El aroma y la textura, son otros atributos determinantes para la

calidad sensorial que también influyen directamente en las preferencias de los consumidores. Un cambio en la composición de los caramelos (hidrocoloide, azúcares, etc.) tiene un efecto sobre la percepción de la intensidad del flavor (Overbosch et al., 1991; Mällki et al., 1993), del color (Periche et al., 2014) y de la textura (Kälviäinen et al., 2000; Siegwein et al., 2010).

La correlación entre datos instrumentales y sensoriales de textura se utiliza con el fin de predecir las respuestas de los consumidores o evaluar herramientas o parámetros de control de calidad (Szczesniak 1987) o para una mejor comprensión de la evaluación de la textura sensorial (Wilkinson et al., 2000). Meullent y Gross (1999) sugirieron que la percepción sensorial de atributos texturales, tales como dureza, cohesividad y fracturabilidad de 24 muestras comerciales de alimentos se puede predecir usando una prueba instrumental con un único ciclo de compresión. Mehinagic et al. (2004) investigaron la posibilidad de predecir las percepciones sensoriales de la textura de la manzana mediante parámetros medidos instrumentalmente y encontraron que los parámetros por penetración y compresión estaban altamente correlacionados con los atributos de textura sensorial. Cui et al., (2011) estudió las correlaciones entre evaluaciones sensoriales e instrumentales de gel de hierbas y concluyeron que la combinación de ambas técnicas resulta de gran utilidad para medir la textura en procedimientos de control de calidad industrial con la intención de ahorrar tiempo.

2.5.4. Medidas para determinar fibra dietética

Como consecuencia de la importancia que la fibra dietética ha adquirido en los últimos años, se han desarrollado numerosos métodos para su determinación. Los métodos enzimáticos-gravimétricos consisten en cuantificar la fibra como el residuo que permanece tras el tratamiento de las muestras con enzimas específicas que degradan el almidón y las proteínas (Lee et al., 1992; Korakli et al., 2003; Rodríguez et al., 2006). Resulta imprescindible que los tratamientos enzimáticos sean estandarizados, además de usar enzimas altamente purificadas para evitar que los resultados no sean reproducibles, sobre todo cuando se trata de cuantificar

fibra dietética en alimentos que contienen cantidades importantes de B-glucanos, almidón resistente y fructanos (McCleary, 2000). Las enzimas altamente purificadas liberan selectivamente oligo- y polisacáridos y son de especial interés aquellas capaces de hidrolizar fructanos, galactanos, mananos, arabinanos y B-glucanos (Kamp et al., 2004). En general, las técnicas enzimáticas conllevan el uso de muchos tipos de enzimas excesivamente costosas, además de reacciones prolongadas en el tiempo.

La técnica de espectroscopía de infrarrojo cercano se emplea para determinar fibra de diferentes fuentes (Barton et al., 2002; Font et al., 2003) y para cuantificar componentes de la fibra que actúan como prebióticos, principalmente, oligofructosa, inulina y povidex, los cuales pueden ser empleados como ingredientes funcionales en distintos alimentos incluyendo matrices ricas en lípidos y azúcares (Kays et al., 1997, 1998, 1999). El método de la filtración del gel requiere de un tratamiento enzimático previo con inulinasa, una enzima específica (Dysseler et al., 1994). El método colorimétrico está basado en la hidrólisis ácida de la inulina, y la posterior reacción de la fructosa libre con diversos compuestos para la derivatización tales como, ácido fenolsulfúrico, resorcinol, difenilamina, ácido dinitrosalicílico (DNS), ácido p-hidroxibenzoico (PAHBAH), entre otros, los cuales producen una reacción fotométrica (Mac Cleary y Blakeney, 1999; Böhm et al., 2005; Rocha et al., 2006; Lingyun et al., 2007; Wang et al., 2010; Saengkanuk et al., 2011; Pencheva et al., 2012). Los métodos colorimétricos se usan ampliamente por su rapidez, simplicidad y bajo coste, sin embargo, son inexactos debido a la posible interferencia entre sus componentes, tales como sacarosa, glucosa y hexosa (Singh et al., 2007b), los cuales pueden producir errores de sobreestimación (Wang et al., 2010).

Las técnicas cromatográficas, entre ellas, la cromatografía gaseosa, requieren de un paso previo de derivatización de las muestras para generar los compuestos volátiles necesarios para la medida. Sin embargo, tiene la ventaja de que permite la determinación directa de oligosacáridos con un bajo grado de polimerización (<10) (Joye y Hoebregs, 2000). La técnica para la determinación de fructanos mediante cromatografía líquida de intercambio aniónico con detector de

pulsos amperométricos (HPAEC-PAD) ha sido adoptada como método analítico oficial por la AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) 997.08 (Prosky y Hoebregs, 1999). En ella, se realiza una extracción de fructanos de la muestra que son hidrolizados por una serie de enzimas específicas (amiloglucosidasa e inulinasa), los fructanos se calculan a partir de las concentraciones de glucosa y fructosa libre. Este método tiene un alto poder de separación, detección y cuantificación en comparación con otros métodos cromatográficos y enzimáticos (Pontis, 1990; Chatterton et al., 1993, Timmermans et al, 1994). Van Waes et al. (1998) analizaron el contenido de azúcar total de raíces de inulina de achicoria y obtuvieron buenos resultados. Según la bibliografía consultada, otros autores (Hoebregs, 1997; Roberfroid et al., 1998; Marsilio et al., 2000) también emplearon dicha técnica para la determinación de inulina en alimentos. A pesar de ser una técnica ampliamente aceptada para la determinación directa de inulina, presenta cierta dificultad en la interpretación del orden de elución de los oligómeros de los azúcares debido a la falta de disponibilidad de estándares adecuados, además de tener un elevado coste. Así, los resultados pueden presentar desviaciones en muestras con un elevado contenido en azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa) y almidón, como es el caso de los caramelos de goma.

Otras técnicas cromatográficas incluyen la cuantificación de glucosa y fructosa tras la hidrólisis enzimática de los fructanos presentes en la muestra empleando cromatografía líquida de alta resolución con detección de índice de refracción (HPLC-RID) (Roberfroid et al., 1998; Vendrell-Pascuas, et al., 2000; Król y Grzelak, 2006; Simonová, et al., 2010; Wang et al., 2010) o también usando un HPLC-ELSD (evaporative light scattering detector) (Marsilio et al., 2000; Kristo et al., 2011). La cromatografía de alta resolución por exclusión por tamaño (HPSEC) también ha sido empleada para la determinación de oligómeros de inulina (Ronkart et al., 2007), se trata de una técnica que proporciona una separación suficientemente buena de los oligómeros extraídos tras la hidrólisis de la inulina.

3. OBJETIVOS

Objetivo general:

La presente tesis doctoral se enmarca en una investigación industrial cuyo objetivo general fue desarrollar diferentes estrategias tecnológicas para obtener nuevos caramelos de goma con mejores propiedades nutricionales y sensoriales que las de los productos originales.

Objetivos específicos:

Primero. Establecer las condiciones óptimas del proceso de elaboración (temperatura, tiempo de cocción, etc.), así como los ajustes de formulación (dosis, niveles de sustitución/eliminación de ingredientes, etc.) necesarios para incorporar nuevos ingredientes más “saludables” a los caramelos de goma.

Segundo. Evaluar el efecto de la adición de nuevos ingredientes más “saludables” sobre diferentes características físico-químicas, nutricionales, sensoriales y microbiológicas de los caramelos de goma relacionadas con su calidad y estabilidad.

Dicho objetivos específicos se desglosan en los siguientes objetivos científico-técnicos:

Primero. Mejorar la calidad de los caramelos de goma mediante la incorporación de concentrados (uva blanca, uva tinta, piña y manzana) y/o purés (frambuesa) de fruta.

Segundo. Mejorar la calidad de los caramelos de goma mediante la sustitución total de colorantes azoicos (Tartracina y rojo Allura) por colorantes de origen natural (ácido carmínico, Curcumina, capsantina y extractos vegetales de fresa) más saludables.

Tercero. Mejorar la calidad de los caramelos de goma mediante la sustitución parcial o total de almidón gelificante por fibra alimentaria (inulina) con propiedades gelificantes.

Cuarto. Mejorar la calidad de los caramelos de goma mediante la sustitución parcial o total de azúcares (sacarosa y jarabe de glucosa) por edulcorantes naturales (maltitol e isomalt) y oligosacáridos con poder edulcorante (fructooligosacáridos).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el desarrollo de la presente tesis doctoral se elaboraron 6 ensayos que se detallan a continuación:

ENSAYO 1: INCORPORACIÓN DE DERIVADOS DE FRUTA.

En el primer experimento de este ensayo se fabricaron caramelos de goma de cuatro formatos frutales (fresa, frambuesa, melocotón y naranja) y en su formulación se incorporaron cinco concentrados distintos (uva blanca, uva tinta, piña, manzana) y un puré de frutas (frambuesa). Las dosis de los derivados de fruta utilizadas fueron 5 y 10 % respecto del producto crudo. Se fabricaron caramelos de goma con la fórmula original (sin derivados de fruta) para usar como control. Los derivados de fruta se incorporaron al proceso de elaboración junto con el resto de ingredientes termosensibles (80 °C).

El segundo experimento de este ensayo consistió en optimizar la formulación de los caramelos de goma de formato fresa con concentrado de uva blanca con el fin de conseguir unos atributos de textura similares a los de los caramelos control (fórmula original sin concentrado de fruta). Para ello se sustituyó de la fórmula una cantidad de jarabe de glucosa equivalente a los sólidos solubles aportados por el concentrado de uva blanca y, se ensayaron diversos grados de adición de jarabe de glucosa (78-100%) en combinación con diferentes porcentajes de concentrado de uva blanca (5-10%). La **tabla 15** muestra un resumen del ensayo 1.

Los caramelos de goma elaborados con derivados de fruta fueron evaluados para conocer el efecto de la dosis de concentrado sobre la calidad del producto. Los análisis realizados fueron:

- ✓ Parámetros físico-químicos: humedad, grados brix, actividad de agua, pH y acidez titulable.
- ✓ Medidas de color: luminosidad (L*), coordenada rojo-verde (a*), coordenada azul-amarillo (b*), saturación (C*) y tinte (°Hue).

- ✓ Perfil de textura: dureza, gomosidad, adhesividad, cohesividad, masticabilidad y elasticidad.
- ✓ Evaluación sensorial (QDA): color rojo, flavor fresa, sabor ácido, sabor dulce, sabor a mosto, tiempo de recuperación (inverso elasticidad), dureza (dedo), dureza (boca), gomosidad, masticabilidad y adhesividad.

ENSAYO 2: SUSTITUCIÓN DE COLORANTES AZOICOS POR COLORANTES NATURALES

Se fabricaron caramelos de goma donde se sustituyeron dos colorantes artificiales (rojo Allura E-129 y Tartracina E-102) por diversos colorantes equivalentes. Previamente se llevaron a cabo diversas pruebas para determinar las dosis y combinaciones de los diferentes colorantes naturales para conseguir caramelos de goma con colores comparables a la fórmula original con colorantes artificiales. Así, en los caramelos de formato fresa y frambuesa se sustituyó el colorante rojo Allura por rojo Cochinilla (E-120) y por los extractos vegetales. En los caramelos de formato naranja y melocotón se sustituyeron los colorantes Tartracina y rojo Allura por una combinación de Curcumina (E-100) y rojo Cochinilla, Curcumina y extractos vegetales de fresa (Natracol Strawberry) y oleorresina del pimentón (E-160C capsantina). Se fabricaron caramelos de goma con la fórmula original (con colorantes artificiales) para usar como control. Finalmente se realizó un estudio de estabilidad del color en el que los caramelos de goma con colorantes naturales fueron evaluados para determinar la estabilidad de los colorantes naturales bajo condiciones de venta al por menor empleando dos niveles de luz: luz natural y oscuridad, a temperatura ambiente durante un periodo de 6 meses. La **tabla 16** muestra un resumen del ensayo 2.

Se evaluó el color de caramelos de goma adicionados con diferentes colorantes. Los siguientes análisis fueron realizados:

- ✓ Medidas de color: luminosidad (L^*), coordenada rojo-verde (a^*), coordenada azul-amarillo (b^*), saturación (C^*) y tinte ($^{\circ}\text{Hue}$).

ENSAYO 3: INCORPORACIÓN DE INULINA

Este ensayo se llevó a cabo en tres etapas. Primeramente, se fabricaron caramelos de goma de formato fresa con inulina añadida en dosis de 3 y 6 %. Se preparó una solución acuosa de inulina al 24% con agua caliente (80 °C) para favorecer su solubilidad y posteriormente se añadió tras al tratamiento térmico del almidón en una etapa de emulsión (80 °C) para conservar sus propiedades nutricionales. Finalmente se corrigieron los grados brix. Se fabricaron caramelos de goma con la fórmula original (sin inulina) para usar como control.

El siguiente experimento, consistió en la fabricación de caramelos de goma de sabor fresa y forma cilíndrica, donde el almidón usado como gelificante en la fórmula original fue totalmente sustituido por inulina (10%). El tamaño de las unidades de caramelo se aumentó y se empleó un formato de cono truncado con caras completamente planas para eliminar la superficie irregular típica de los formatos frutales, mejorar el contacto de la sonda del texturómetro con la muestra y obtener así un análisis de textura más fiable. Teniendo en cuenta los resultados del ensayo anterior, se preparó una solución acuosa de inulina al 24% con agua caliente (80 °C), la cual se añadió en sustitución de la dispersión de almidón en una etapa posterior a la reducción de agua de la mezcla de azúcares (80 °C). Finalmente se corrigieron los grados Brix (78 °Brix). Se fabricaron caramelos de goma con la fórmula original (sin inulina) para usar como control.

Por último, se realizó un experimento con el objeto de mejorar las características texturales típicas de los caramelos de goma, para ello se llevaron a cabo diferentes pruebas preliminares para desarrollar las propiedades gelificantes de la inulina por homogenización y ultrasonificación; dando como resultado la obtención de crema de inulina al 50%, la cual se añadió en sustitución del almidón. Finalmente se corrigieron los grados Brix (78 °Brix). Se fabricaron caramelos de goma con la fórmula original (con almidón) para usar como control. Adicionalmente se empleó un robot de cocina para intentar controlar mejor los parámetros del proceso (tiempos de cocción y temperatura). La **tabla 17** muestra un resumen del ensayo 3.

Los caramelos de goma con inulina fueron evaluados para conocer el efecto de la adición de inulina sobre la calidad del producto. Los siguientes análisis fueron realizados:

- ✓ Parámetros físico-químicos: humedad, grados brix, actividad de agua, pH y acidez titulable.
- ✓ Medidas de color: luminosidad (L^*), coordenada rojo-verde (a^*), coordenada azul-amarillo (b^*), saturación (C^*) y tinte ($^{\circ}\text{Hue}$).
- ✓ Perfil de textura: dureza, gomosidad, adhesividad, cohesividad, masticabilidad y elasticidad.
- ✓ Evaluación sensorial (QDA): color rojo, flavor fresa, sabor ácido, sabor dulce, sabor a mosto, tiempo de recuperación (inverso elasticidad), dureza (dedo), dureza (boca), gomosidad, masticabilidad y adhesividad.

ENSAYO 4: SUSTITUCIÓN DE AZÚCARES POR FOS Y EDULCORANTES

Se fabricaron caramelos de goma con inulina, FOS, maltitol e isomalt de sabor fresa y forma cilíndrica. Los primeros experimentos se realizaron partiendo de la formulación de los caramelos de goma con inulina obtenida del ensayo 3. Se llevaron a cabo diversas pruebas ajustando los parámetros tecnológicos del proceso y de formulación para alcanzar una sustitución parcial de los azúcares, donde se eliminó de la formulación el jarabe de glucosa utilizando en su lugar un jarabe de FOS de equivalentes grados Brix (79°). Como resultado, se obtuvo un caramelo de goma con inulina y FOS.

En el segundo experimento se sustituyó el resto de los azúcares (sacarosa) de la fórmula con una combinación de los edulcorantes maltitol e isomalt. Para empezar, se realizaron diversas pruebas preliminares para determinar cuál era la combinación idónea de edulcorantes que evitaba la formación de cristales, un defecto del producto final que aparece durante su conservación. Más adelante, se realizó otra serie de pruebas donde se ajustaron los parámetros tecnológicos del proceso y de formulación hasta alcanzar una sustitución total de los azúcares.

Finalmente, se obtuvo un caramelo de goma con inulina, FOS y edulcorantes, sin azúcares. Adicionalmente, se fabricaron caramelos de goma con la fórmula original para usar como control.

Se realizó un estudio sensorial de mercado con consumidores para conocer la aceptabilidad del mismo. Además, con el fin de evaluar el efecto conservador de ingredientes tales como FOS y maltitol, se realizó un estudio de vida útil bajo condiciones controladas de conservación (40% H.R./ 25 °C). La **tabla 18** muestra un resumen del ensayo 5.

Los caramelos de goma con inulina, FOS y edulcorantes fueron evaluados para conocer el efecto de la sustitución de los azúcares sobre su calidad y estabilidad del producto final. Los siguientes análisis fueron realizados:

- ✓ Parámetros físico-químicos: humedad, grados brix, actividad de agua.
- ✓ Medidas de color: luminosidad (L*), coordenada rojo-verde (a*), coordenada azul-amarillo (b*), saturación (C*) y tinte (°Hue).
- ✓ Perfil de textura: dureza, gomosidad, adhesividad, cohesividad, masticabilidad y elasticidad.
- ✓ Estudio de consumidores: aceptabilidad (dureza y elasticidad), sabor (dulzor, acidez y frutal) y preferencia.

Tabla 15 Ensayo 1. Incorporación de derivados de fruta. C: concentrado, G: glucosa.










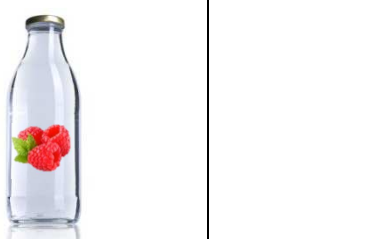
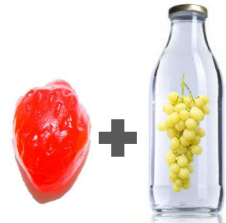
Experimento 1										
Formato caramelo										
Concentrado/puré fruta										
Dosis (%)	0, 5 y 10									
Experimento 2										
Formato caramelo										
Dosis (%)	C	0	5	10	5	6	7	8	9	10
	G	100	100	100	89	87	85	83	81	78

Tabla 16. Ensayo 2. Sustitución de colorantes azoicos por naturales.













		Experimento 1					
Colorantes	Formato caramelo						
	Artificial	 E-129			 E-102 +  E-129		
Natural		 E-120			 E-100 +  E-120	 E-100 + 	 E-160c

Tabla 17. Ensayos 3. Incorporación de inulina.


















	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Formato caramelo			
Agentes gelificantes	 Almidón modificado de maíz +  Inulina	 Almidón modificado de maíz  Inulina	 Almidón modificado de maíz  Inulina  Crema de inulina
Dosis (%)	0, 3 y 6	10	10

Tabla 18. Ensayo 4. Sustitución de azúcares por fos y edulcorantes.

<p>Formato caramelo</p>						
<p>Agentes gelificantes</p>	 <p>Almidón de maíz</p>	 <p>Crema de inulina</p>	 <p>Crema de inulina</p>			
<p>Edulcorantes</p>	 <p>Sacarosa Jarabe de glucosa</p>	 <p>Sacarosa Jarabe de FOS</p>	 <p>Jarabe de FOS Jarabe de maltitol e isomal</p>			

4.2. ELABORACIÓN DE CAMELOS DE GOMA

4.2.1. Formulaci3n

Ingredientes.

Sacarosa (azúcar com3n), jarabe de glucosa (79 °Brix), almid3n de ma3z modificado tratado con 3cido (Cleargum® Mb 76, Roquete Laisa Espa3a S.A., Valencia, Espa3a), gelatina tipo A de origen porcino (240/260 grados Bloom) (Juncà Gelatines, S.L.U., Barcelona, Espa3a), derivados de fruta (concentrado de uva blanca, uva tinta, pi3a y manzana), puré de frutas (frambuesa), inulina de chicoria (Orafti® GR, Beneo-Orafti, B3lgica), fructo-oligosac3ridos P95 (Beneo-Orafti, B3lgica), maltitol (Coralim Aditivos, Valencia, Espa3a), isomalt (IsoMaltidex 16502, Cargill), 3cido cítrico, 3cido láctico, citrato s3dico, vitaminas (A, C y E), colorantes artificiales (rojo Allura E-129 y Tartracina E-102), colorantes naturales (rojo Cochinilla E-120, Curcumina E-100, oleorresina del piment3n E-160C (capsantina) y extractos vegetales (Natracol Strawberry)) y aromas (fresa, frambuesa, naranja y melocot3n).

La **figura 8** muestra los distintos formatos frutales de caramelos de goma obtenidos en funci3n de los colorantes, aromas y moldes utilizados. La **tabla 19** muestra la relaci3n de ingredientes empleados para los ensayos 4 y 5.

Figura 8. Formatos de caramelos de goma: naranja, fresa, melocot3n y frambuesa.



Materiales auxiliares

- Almidón de maíz para moldeo y moldes de yeso.
- Cera carnauba.
- Bandejas de poliestireno B5-37 Aerpack (Coopbox Hipania, Lorca, Murcia, España) y
- Bolsas Cryovac BB3050 (tasa de transmisión de vapor de agua 7 g/24 h, m² a 38 °C y 90 % H.R.).

Equipos

- Termómetro T200 (Digitron Instrumentation Ltd., Merd Lane, Hertford, Reino Unido).
- Cámara climática Climacell 707 (MMM Medcenter Einrichtung-gen GmbH, Munchen, Alemania).
- Homogenizador Silent Crusher (Heidolph, Alemania)-
- Placa de inducción (Carrefour Home, España).
- Robot de cocina Mycook (Taurus, España).

Tabla 19. Formulación de caramelos de goma de ensayos 3 y 4.

Formulación peso crudo	Control	E3(2 y 3)-Inulina	E4(1)-Inulina +FOS	E4(2)-Inulina + FOS + edulcorantes
Jarabe de glucosa 79 °Brix	38,3	38,3		
Sacarosa ^a	20,8	20,8	20,8	3,7
FOS			30,3	35,8
Maltitol				6,4
Isomalt				1,0
Almidón modificado de maíz ^b	9,0	0,0		
Inulina ^b		9,0	9,0	10,0
Gelatina tipo A	3,5	3,5	3,5	4,1
Agua	26,3	26,3	34,3	36,2
Ácido cítrico	0,9	0,9	0,9	1,2
Ácido láctico	0,5	0,5	0,5	0,6
Citrato sódico	0,1	0,1	0,1	0,1
Vitaminas	0,2	0,2	0,2	0,3
Colorante rojo Allura E-129	0,2	0,2	0,2	0,3
Aroma de fresa	0,2	0,2	0,2	0,3

^a Para la formulación, los azúcares contenidos en la inulina fueron cuantificadas como sacarosa. ^b El porcentaje excluye el agua y/o azúcares.

4.2.2. Proceso de elaboración

Los caramelos de goma se elaboraron a escala piloto (**figura 9**) en las instalaciones de la Planta Piloto del Departamento de Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología, siguiendo un procedimiento industrial adaptado (**figura 10**). A continuación, se describen las etapas del proceso de fabricación.

ACONDICIONAMIENTO PREVIO DE INGREDIENTES. Previamente, se realizó un acondicionamiento de ciertos ingredientes (almidón, gelatina, inulina y FOS) para lo cual se prepararon soluciones/dispersiones acuosas independientes.

- El almidón se dispersó en agua a temperatura ambiente.
- La gelatina se hidrató en agua (30 min) y posteriormente se fundió utilizando un baño maría a 80 °C.
- La inulina se disolvió en agua caliente (80 °C) durante 5 min bajo constante agitación magnética a 11.500 rpm con ayuda de un homogeneizador para favorecer su solubilidad y desarrollar sus propiedades gelificantes.
- El jarabe de FOS se preparó con agua caliente (50 °C) empleando un homogeneizador/batidor. Las preparaciones se reservaron para su uso posterior.

MEZCLADO. Mientras, se mezcló sacarosa y agua en un recipiente metálico a temperatura ambiente.

REDUCCIÓN. La mezcla se calentó a 120 °C hasta la completa disolución del azúcar, se añadió el jarabe de glucosa y se calentó la mezcla de azúcares hasta 120 °C bajo constante agitación durante 3 min aproximadamente.

COCCIÓN. A continuación, se añadió la dispersión de almidón previamente preparada y se homogenizó. Se procedió a la cocción de la mezcla a 120 °C bajo constante agitación durante 3 minutos.

MEZCLADO. Una vez cocida la mezcla se dejó enfriar hasta 80 °C para añadir los ingredientes termosensibles objeto de estudio, como los concentrados de fruta y/o la inulina (en forma de disolución o en gel) y la mezcla se removió durante unos minutos. Posteriormente, se añadió el resto de ingredientes termosensibles, como la disolución de gelatina, ácidos, vitaminas, aromas (fresa, frambuesa, naranja o melocotón) y colorantes (fresa, frambuesa, naranja o melocotón) y se removió la masa hasta conseguir una mezcla homogénea con 78 °Brix.

FORMADO. La mezcla final se depositó en bandejas con moldes impresos sobre almidón de maíz previamente acondicionado durante las 24 h anteriores (30 °C y 10 % H.R.).

SECADO. Los caramelos de goma depositados se sometieron a un proceso de enfriamiento y secado en cámaras climáticas (25 °C y 30 % H.R.) con aire circulante durante 24 h.

DESMOLDADO. Tras ese periodo de tiempo, los caramelos se desmoldaron mediante volteo de las bandejas y los restos de almidón sobre su superficie fueron eliminados con aire comprimido.

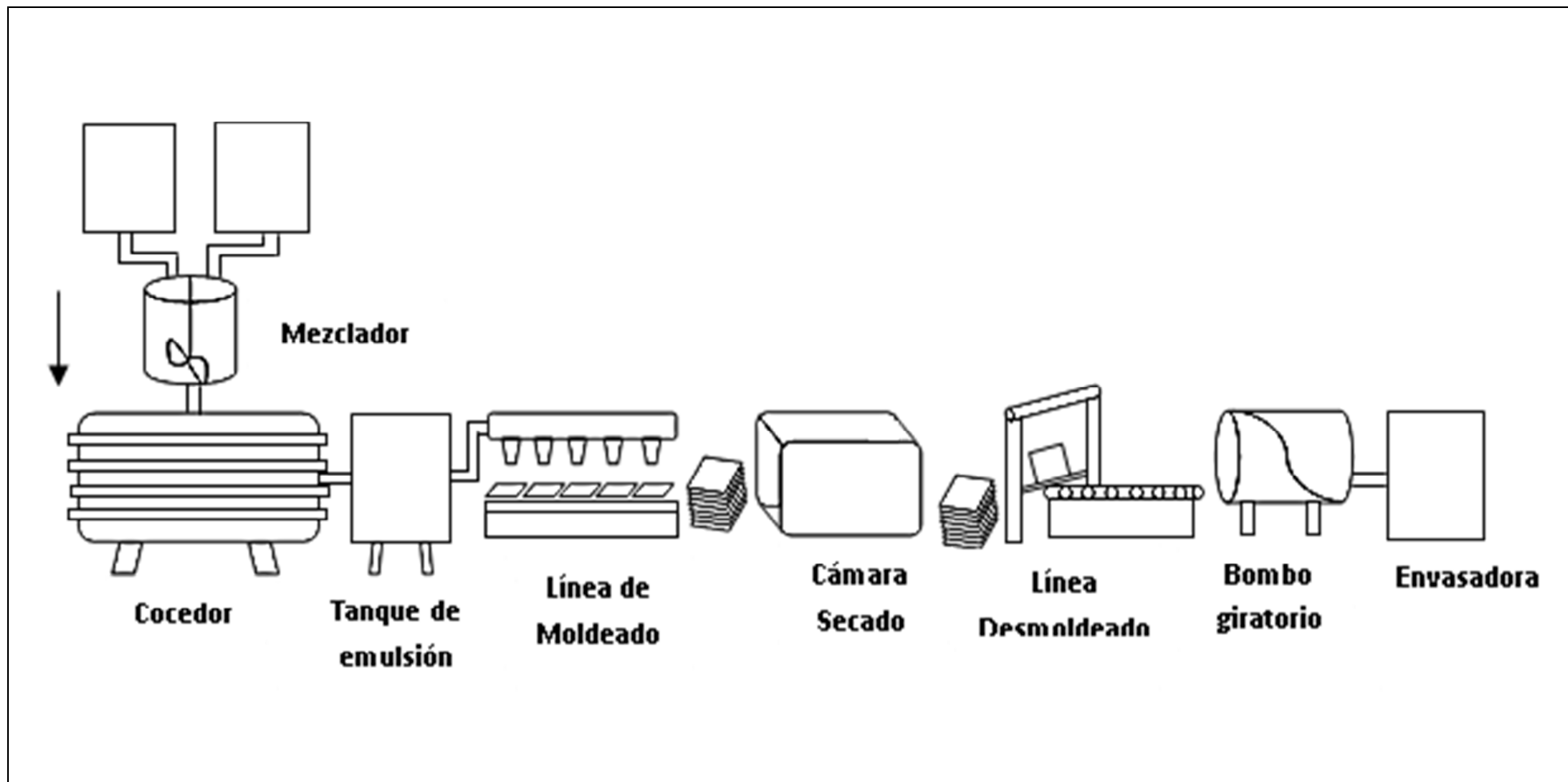
ENCERADO. Finalmente, los caramelos de goma se recubrieron con cera carnauba para abrillantarlos, evitar una excesiva pegajosidad superficial y favorecer su manipulación.

ENVASADO. Los caramelos de goma se envasaron en bandejas recubiertas con bolsas plásticas y fueron conservados a 25 °C durante 7 días antes de los análisis. Se realizaron 3 lotes de fabricación independientes.

Figura 9. Etapas de fabricación (formado, secado y encerado) de caramelos de goma a escala piloto.



Figura 10. Esquema de fabricación de caramelos de goma a escala industrial.



4.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

4.3.1. Análisis físico-químico

Se realizaron las siguientes determinaciones analíticas por triplicado.

Actividad de agua

La actividad de agua se determinó usando un medidor de actividad de agua (TH200 Novasina Axair AG, Pfäffikon, Suiza) con una exactitud de 0,001. Los caramelos de goma se cortaron longitudinalmente, ambas mitades correspondientes a una unidad de caramelo fueron colocadas en la cápsula portamuestras del equipo y se procedió a la medida. Todas las medidas se realizaron a 25 °C. El resultado fue la medida directa que proporcionó el equipo.

Determinación del pH

El pH de los caramelos se midió mediante in micro pHmetro de sobremesa modelo 2001 (Crison, Barcelona, ES) equipado con un electrodo combinado Cat. No. 52-22 (Ingold Electrodes, Wilmington, USA), previamente calibrado con solución tampón pH 4.01 (cod. 9463) y pH 7.00 (cod. 9464). Para el análisis, se disolvieron trozos pequeños de caramelos de goma, en agua caliente (50 °C) en una proporción 1:3 en peso y se homogenizaron con un agitador magnético hasta completa disolución. La medida se realizó por triplicado sobre la mezcla atemperada.

Determinación del contenido de sólidos solubles

Según la etapa de fabricación de los caramelos de goma se emplearon distintos equipos para la determinación de sólidos solubles. Para el control de la mezcla líquida (80 °C) de ingredientes previo a la etapa de secado se utilizó un refractómetro Pocket digital PAL-3 (Atago Co. Ltd., Tokyo, Japón) con un rango de medida de 0,0 a 93,0 % Brix y una precisión de 0,1 grados Brix. Para el análisis, se

vertieron $\pm 0,3$ ml de muestra sobre la superficie del prisma y se procedió a la medida.

Para los caramelos de goma se utilizó un refractómetro manual (Atago Co. Ltd. Minato-Ku, Tokyo, Japón) con un rango de medida de 58 a 90 % Brix y una precisión de 0,5 grados brix. Para el análisis, se realizó un corte transversal en el caramelo de goma y se extrajo una fina lámina de 2 mm aprox. de espesor de la parte interna del caramelo. Se colocó la lámina en la superficie del prisma y se procedió a la medida. El contenido en sólidos solubles totales se expresó como gramos de sólidos solubles contenidos en 100 gramos de muestra o grados Brix.

Determinación de humedad

El contenido de humedad fue determinado por valoración Karl Fischer usando un valorador automático Titrino 702 SM equipado con un electrodo No. 6.0338.100 double Pt-wire (Methrom Schweiz, Zofingen, Suiza). Para ello, se disolvió 0,1 g aprox. de caramelo de goma en una disolución compuesta de 20 ml Hidranal® dry methanol y 20 ml formamida (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA). La formamida fue empleada debido a que mejora la solubilidad en metanol de sustancias polares, además, acelera la extracción de agua en sólidos a altas temperaturas. La mezcla fue calentada a 50 °C para favorecer la disolución de la muestra y a continuación fue valorada con Hidranal® Composite (Sigma-Aldrich, Seelze, Alemania).

Determinación de la acidez total valorable

Para la determinación de la acidez total se disolvieron de 0,5 a 1,0 g de muestra en 100 ml de agua destilada, se añadieron unas gotas del indicador fenolftaleína y se agitó constantemente hasta su completa disolución. A continuación, se valoró la muestra con NaOH 0,1 N gota a gota hasta viraje a rosa claro persistente durante al menos 30 segundos. Para el cálculo de los resultados se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido} = \frac{\text{Peq ác. cítrico} \times \text{N NaOH} \times \text{V(ml) NaOH consumidos}}{\rho \text{ (g)}} \times 100$$

Dónde:

Peq. = peso equivalente del ácido mayoritario (ácido cítrico)

N= normalidad de la solución valorante (NaOH)

V= volumen consumido de la solución valorante (NaOH)

ρ = peso del analito

Los resultados se expresaron en gramos del ácido mayoritario, en este caso ácido cítrico, por 100 gramos de caramelo.

Determinación del color

El color se midió empleando el espacio de color CIEL^{*}a^{*}b^{*} (Commission Internationale de L'Eclairage) usando un colorímetro CR-200/08 Chroma Meter II (Minolta Ltd., Milton Keynes, Reino Unido) con el iluminante D65, 2º de ángulo de observador, tamaño de abertura 50 mm y calibrado contra una placa cerámica blanca estándar. Las medidas de reflectancia se tomaron directamente sobre la superficie de la muestra y se tomaron tres medidas por cada muestra. Las coordenadas que proporciona el equipo son la Luminosidad L^{*} (0 negro – 100 blanco), a^{*} (-a verde, +a rojo), b^{*} (-b azul, +b amarillo). Las coordenadas cromáticas cilíndricas denominadas tinte o saturación (en inglés, Chroma o C^{*}) y ángulo de tono o matiz (en inglés, °Hue) (expresada como grados sexagesimales) fueron calculadas con las siguientes fórmulas:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$^{\circ}\text{hue} = \arctan(b^*/a^*)$$

Densidad

Se tomó una alícuota de concentrado de fruta y mediante un densímetro digital DMA 35N (Anton Para, Graz, Austria) se realizaron las medidas a temperatura ambiente.

4.3.2. Análisis de textura

4.3.2.1. Análisis del perfil de textura

El análisis del perfil de textura se realizó usando un texturómetro modelo QTS-25 (Brookfield Engineering, Harlow, Essex, Reino Unido) equipado con el software Texture-Pro program v. 2.1. Las condiciones de trabajo se seleccionaron en base a estudios previos de geles de inulina (Glibowski y Wasko, 2008; Chiavaro *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2001), así como otro estudio de textura en geles (Pons y Fiszman, 1996). Las muestras se dejaron atemperar (24 °C) y se comprimieron 2 veces hasta un 50% de deformación con una sonda cilíndrica plana de 3 o 20 mm de diámetro, dependiendo del ensayo, lo que permitió la deformación de la muestra sin ser penetrada, desplazándose a una velocidad de cruceta constante de 0,5 o 1,0 mm s⁻¹ (en función del experimento) y con un punto de desencadenamiento de 0,05 N. La velocidad de cruceta y el porcentaje de compresión fueron los recomendados para obtener valores correlacionados con la respuesta sensorial en geles de gelatina y polisacáridos (Muñoz *et al.*, 1986), además una velocidad de cruceta baja sirve para evitar la destrucción total de la estructura del gel tras la primera compresión. Un bajo nivel de deformación entre 20 y 50% también fue recomendado en una matriz tipo gel (Pons y Fiszman, 1996).

La curva de fuerza-tiempo del TPA fue calculada según el método descrito por Bourne, 1968 y Mochizuki, 2001 y de ella se obtuvieron los siguientes parámetros de textura (**tabla 20**): (i) Dureza (N): fuerza requerida para comprimir una cantidad dada; (ii) Cohesividad (adimensional): fuerza de los enlaces internos de la muestra, se calcula como el ratio de áreas (fuerza por tiempo) de la primera y segunda compresión; (iii) Elasticidad (mm): es la recuperación elástica que se produce cuando cesa la fuerza de compresión, se calcula como la altura de la

muestra recuperada durante el tiempo transcurrido desde el final de la primera compresión hasta el comienzo de la segunda compresión; (iv): Gomosidad (N): es la energía requerida para desintegrar un alimento semi-sólido hasta dejarlo listo para su deglución, se calcula multiplicando dureza por cohesividad; y (v) Masticabilidad (N.mm): es la energía necesaria para masticar un alimento sólido hasta un estado listo para su deglución, se calcula multiplicando dureza por cohesividad por elasticidad; la adhesividad no fue incluida en el perfil de textura dado que los caramelos de goma fueron recubiertos con un lubricante, cera carnauba. Con el fin de minimizar las posibles desviaciones en los resultados, se revisaron las dimensiones de los caramelos de goma usando un calibre con una precisión de 0,1 mm.

Tabla 20. Parámetros y unidades de medida del análisis del perfil de textura.

Mechanical parameter	Measured variable	S.I. units
Adhesiveness	Work	N × mm (mJ)
Chewiness	Work	N × mm (mJ)
Cohesiveness	Ratio of forces	Dimensionless
Fracturability	Force	N
Gumminess	Force	N
Hardness	Force	N
Springiness	Distance	mm

^aFrom Bourne, 1982.

4.3.2.2. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los caramelos de goma se realizó mediante un análisis sensorial descriptivo (QDA) (ISO 4121:2003), para ello se seleccionó un total de 11 panelistas entre el personal de la Universidad de Murcia, los cuales fueron entrenados en 4 sesiones según la guía de análisis sensorial ISO 8586:2012. Las primeras 2 sesiones de entrenamiento consistieron en identificar, seleccionar y

cuantificar los atributos sensoriales característicos en función del tratamiento a evaluar. De forma consensuada se seleccionaron 9 descriptores sensoriales: dureza, elasticidad, gomosidad, masticabilidad, adhesividad, color rojo, aroma de fresa, sabor ácido y sabor dulce. Dichos descriptores fueron cuantificados usando una escala de intensidad graduada en intervalos de un punto, donde: 1-ausencia, 2-ligero, 3- moderado, 4-intenso y 5-muy intenso. Para el entrenamiento de cada uno de los atributos mencionados, los panelistas emplearon diversas escalas de referencia descritas en la **tabla 21**. Las 2 sesiones finales de entrenamiento fueron meramente prácticas. La evaluación sensorial se llevó a cabo en la sala de catas con temperatura controlada (25 °C). En cada sesión se presentaron a los panelistas muestras de referencia, muestras experimentales codificadas, pan y agua.

Finalmente, se realizó un estudio sensorial de preferencia-aceptación para conocer la opinión de los consumidores sobre los caramelos de goma elaborados con fibra, sin azúcares ni almidón frente a la del producto original (Ensayo 4). Para ello, se convocó a los estudiantes de la Universidad de Murcia, cuyas edades oscilaron entre 18 y 23 años. En el estudio se pidió a los consumidores que primeramente evaluaran en cada una de las muestras diversos atributos como dureza, elasticidad, sabor dulce, sabor ácido y sabor frutal, empleando para ello una escala hedónica de intensidad de 10 puntos. Después se les pidió valorar la aceptabilidad de dichos atributos en cada una de las muestras empleando una escala hedónica de 5 puntos, donde 1: me desagrada y 5: me gusta mucho. Por último, se les pidió que escogieran aquella de su preferencia. En la **figura 11** se muestra la ficha de degustación empleada en el estudio.

Tabla 21. Atributos sensoriales y escalas de referencia usadas durante el entrenamiento de los panelistas para el QDA de caramelos de goma (Ensayo 3).

Atributos	Descripción	Referencias	Escala 1-5 ^a
Dureza	Resistencia durante el primer mordisco usando los dientes incisivos.	Caramelos de goma de almidón	2,6 – 5,2 % gelatina
Adhesividad	Pegajosidad tras el primer mordisco usando los dientes incisivos.	Caramelos de goma de almidón	2,6 – 5,2 % gelatina
Elasticidad	El inverso del tiempo necesario para recuperar las dimensiones originales tras ejercer una compresión usando el dedo anular	Caramelos de goma de almidón	2,6 – 5,2 % gelatina
Gomosidad	Es el grado de manipulación requerido antes de que el alimento se desintegre	Caramelos de goma de almidón	2,6 – 5,2 % gelatina
Masticabilidad	Número de masticaciones requeridas para tragar la muestra	Caramelos de goma de almidón	2,6 – 5,2 % gelatina
Color rojo	Intensidad de la tonalidad roja de oscuro a brillante	Escala tonalidad roja	26 -49 CIE a* 5 – 32 CIE b*
Aroma de fresa	Intensidad del aroma de fresa	Solución aromatizada de fresa	0,5 – 1,5 %
Sabor ácido	Intensidad del sabor ácido	Solución de jarabe azucarado/ácido cítrico	4,9/0,1 – 24,7/0,5 %
Sabor dulce	Intensidad del sabor dulce	Solución de jarabe azucarado/ácido cítrico	4,9/0,1 – 24,7/0,5 %

^a Concentración y valores CIELab usados para definir el mínimo (1) y el máximo (5) de la escala.

Figura 11. Ficha para evaluación sensorial de consumidores.

DEGUSTACIÓN DE CAMELOS DE GOMA											
1.- A continuación valore cada una de las muestras presentadas usando la siguiente escala de 1-10											
MUESTRA: 871											
TEXTURA. DUREZA	Muy blando									Muy duro	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
TEXTURA. ELASTICIDAD	Poca									Mucha	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SABOR DULCE	Poco dulce									Muy dulce	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SABOR ÁCIDO	Poco ácido									Muy ácido	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SABOR FRUTAL	Poco									Mucho	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
MUESTRA: 493											
TEXTURA. DUREZA	Muy blando									Muy duro	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
TEXTURA. ELASTICIDAD	Poca									Mucha	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SABOR DULCE	Poco dulce									Muy dulce	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SABOR ÁCIDO	Poco ácido									Muy ácido	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SABOR FRUTAL	Poco									Mucho	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2.- Valore la aceptabilidad de cada una de las muestras estudiadas usando la siguiente escala.											
Me desagrada		No me gusta		Indiferente		Me gusta		Me gusta mucho			
1		2		3		4		5			
	871		493								
TEXTURA. DUREZA											
TEXTURA. ELASTICIDAD											
SABOR DULCE											
SABOR ÁCIDO											
SABOR FRUTAL											
3.- Cual muestra prefiere usted?											
871		493									

4.3.3. Análisis nutricional

4.3.3.1. Determinación de azúcares

La determinación de azúcares simples se realizó usando la técnica descrita por Hellín *et al.*, (2001), para lo cual se diluyeron 0,5 – 1,0 g de muestra en 10 ml de agua miliQ y se filtraron a través de un filtro Millipore de 0,45 µm. El análisis se realizó con un equipo de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) compuesto por una bomba (Merck Hitachi L-6200A Intelligent Pump, Japón), un auto-muestreador (2050 Plus Jasco Inc., Easton, Reino Unido) y un detector de índice de refracción (Merck-Hitachi LaChrome L-7490, Japón).

Las condiciones de trabajo del equipo fueron:

-Columna CARBOsep CHO682Pb (Transgenomic, Elancourt, Francia) calentada a 80 °C en horno (column blockheater, Jones chromatography LTD.)

-Fase móvil agua ultrapura (Merck Millipore, USA)

- Velocidad de flujo de 0,4 ml/min

-Volumen de inyección de 20 µl

Para el cálculo de los azúcares simples se utilizaron rectas de calibrado ($R^2=0,99$) con patrones de sacarosa, glucosa y fructosa (0- 100 ppm) (Sigma-Aldrich).

4.3.3.2. Determinación de inulina/oligosacáridos

La determinación de inulina (incluyendo también fructooligosacáridos e inuloolisacáridos) fue realizada mediante cromatografía de alta resolución por exclusión por tamaño (High Performance Size Exclusion Chromatography, HPSEC), con el equipo antes citado. Para la extracción de inulina se diluyeron aproximadamente 0.1 g de muestra en 10 ml de agua miliQ y se filtraron a través de un filtro Millipore de 0.20 µm.

Las condiciones de trabajo del equipo fueron:

-Columnas Waters 500, 250 and 120 Ultrahydrogel colocadas en serie con una precolumna Ultrahydrogel, mantenidas a 30 °C.

- Velocidad de flujo de 0,8 ml min⁻¹.

-Fase móvil 0,4 M sodium acetate pH 3,0.

Para la cuantificación de inulina se usó un estantard (Chicory Inulin, No. 12255, Sigma, St. Louis, Missouri, EEUU) y se confeccionó una curva de calibración (9,9 a 15.7 g inulina 100 g⁻¹ muestra).

4.3.4. Análisis microbiológico

El análisis de mohos y levaduras se realizó mediante recuento en placa a partir de diluciones decimales seriadas de la muestra para lo cual se utilizó un medio selectivo y de aislamiento denominado Diclorán 18% Glicerol (DG18; Dichloran 18% Glycerol agar) atendiendo las recomendaciones de la norma ISO 21527-2:2008 para productos alimenticios deshidratados o semi-deshidratados que tengan una actividad de agua igual o inferior a 0,95. Las placas se incubaron a 25 °C durante 7 días.

4.3.5. Modelo estadístico

El modelo estadístico fue diseñado completamente al azar. Los valores medios de las variables dependientes para los diferentes lotes de fabricación se analizaron utilizando el programa Statistix 8.0 para Windows (Analytical Software, Tallahassee, Florida, EE.UU.). Los efectos de los tratamientos sobre las variables dependientes se determinaron mediante análisis de varianza simple (en inglés, ANOVA), utilizando un modelo e medidas repetidas en el caso de estudios de estabilidad en el tiempo, en cuyo caso se utilizó el tiempo de almacenamiento

como factor intra-sujeto y la formulación como factor inter-sujeto. Se utilizó el test de homogeneidad de medias de Tukey para establecer diferencias significativas, con un nivel de significación de $P < 0,05$.

El tamaño de muestra varió en función del ensayo, así, para el ensayo 1.1 el tamaño de muestra fue $n=180$ (4 tipos frutales de caramelos de goma por 5 concentrados por 3 dosis por 3 lotes de fabricación). Para el ensayo 1.2 el tamaño de muestra fue $n=27$ (9 combinaciones de concentrado/glucosa por 3 lotes de fabricación). Para el ensayo 2 el tamaño de muestra fue $n=84$ (4 caramelos de goma por 7 colorantes y sus combinaciones por 3 lotes de fabricación). Para el ensayo 3 el tamaño de muestra fue $n=9$ (3 dosis de inulina por 3 lotes de fabricación). Para el ensayo 4 el tamaño de muestra fue $n=6$ (2 agentes gelificantes por 3 lotes de fabricación). Finalmente, para el ensayo 5 el tamaño de muestra fue $n=6$ (2 formulaciones por 3 lotes de fabricación).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de comenzar el ensayo en sí, se realizaron diversos ajustes de formulación y tecnológicos necesarios para llevar el proceso industrial de elaboración de caramelos de goma a escala piloto. Para ello, se llevaron a cabo un gran número de pruebas donde se controlaron variables como tiempos y temperaturas de cocción, modo y forma de adicionar los ingredientes y condiciones de secado. Una vez conseguidos los caramelos de goma experimentales a escala piloto se procedió con el desarrollo de los ensayos.

5.1. ENSAYO 1: INCORPORACIÓN DE DERIVADOS DE FRUTA.

5.1.1. Caracterización físico-química de los derivados de fruta.

Se realizó una valoración previa de la estabilidad y características tecnológicas de los derivados de fruta ensayados (**tabla 22**). Todos los derivados de fruta analizados venían con certificados microbiológicos de origen y a priori presentaban unas características tecnológicas adecuadas para ser incorporados como ingredientes en los caramelos de goma.

Tabla 22. Caracterización tecnológica de los concentrados y derivados de fruta empleados para fabricar los caramelos de goma. M y D: medias y desviaciones típicas.

Concentrado	Acidez		pH		Brix		Densidad	
	M	D	M	D	M	D	M	D
Uva blanca	0,71	± 0,21	3,13	± 0,01	64,7	± 0,31	1,31	± 0,00
Uva tinta	0,92	± 0,63	3,54	± 0,01	65,1	± 0,10	1,31	± 0,00
Piña	2,76	± 0,40	3,85	± 0,01	62,7	± 0,22	1,32	± 0,03
Manzana	3,07	± 0,26	3,29	± 0,01	70,0	± 0,05	1,36	± 0,00
Puré frambuesa	1,82	± 0,19	3,08	± 0,00	20,1	± 0,00	1,08	± 0,00

A continuación se hizo una valoración sensorial de cada uno de los concentrados y puré de frutas empleados para comprobar su compatibilidad cromática y aromática con los diferentes tipos frutales de caramelos de goma (fresa, frambuesa, naranja y melocotón). Así, el concentrado de uva blanca pudo ser empleado en todos los tipos de caramelos, el concentrado de manzana y el puré de frambuesa se emplearon en los caramelos de fresa y frambuesa, el concentrado de piña se empleó en los caramelos de melocotón y naranja, y por último, el concentrado de uva tinta se empleó en los caramelos de fresa, frambuesa y naranja.

5.1.2. Efecto de la incorporación de derivados de fruta sobre las características físico-químicas de los caramelos de goma.

Se realizaron pruebas preliminares incorporando los derivados de fruta a los caramelos de goma, donde se determinó el modo y momento más adecuado para su introducción en el proceso de fabricación, con el fin de minimizar el efecto del procesado sobre componentes de la fruta con interés sensorial y nutricional. Finalmente, se decidió adicionar los derivados de fruta al final del proceso de cocción tras los ingredientes termosensibles (80 °C), a continuación se homogenizó bien la mezcla durante 5 minutos y se procedió al formado de los caramelos de goma.

La adición de derivados de fruta sólo afectó a algunas de las características físico-químicas de los caramelos de goma. La **tabla 23** muestra el efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre los parámetros físico-químicos de los caramelos de fresa, frambuesa, naranja y melocotón. La humedad solo resultó afectada en el caso de los caramelos de fresa, donde disminuyó según se incrementaba la dosis de concentrado, en los caramelos de melocotón también se observaron cambios de humedad, con independencia de la dosis de concentrado, mientras que no se encontraron cambios relevantes para los demás formatos frutales. La concentración de sólidos solubles de los caramelos de fresa también resultó afectada por la incorporación del concentrado de uva blanca. Así, se

observó un aumento de los grados brix a mayores dosis de concentrado. Los caramelos de naranja también mostraron diferencias en la concentración de sólidos solubles con independencia de la dosis de concentrado utilizada, mientras que el resto de caramelos no se vieron afectados. El valor de actividad de agua de los caramelos de fresa y frambuesa disminuyó conforme se incrementó la dosis de concentrado, en cambio, los demás caramelos no mostraron cambios relevantes para este parámetro. La acidez de los caramelos de goma se vio afectada por la adición de concentrado, ya que se produjo una disminución de la acidez conforme mayor fue la dosis de concentrado en todos los formatos ensayados. Estos cambios fueron apreciables en algunos casos a partir del 5% de concentrado de uva, como en los caramelos de fresa, naranja y melocotón, o a partir del 10%, como en los caramelos de frambuesa. El valor de pH solo se vio afectado en los caramelos de frambuesa a partir del 10% de concentrado.

La **tabla 24** muestra el efecto de la dosis de concentrado de uva tinta sobre los parámetros físico-químicos de los caramelos de fresa, frambuesa y naranja. La concentración de sólidos solubles de los caramelos de naranja también resultó afectada por la incorporación de concentrado de uva tinta. Así, se observó un aumento de los grados brix a partir de 5% de concentrado añadido, mientras que el resto de caramelos no se vieron afectados. La adición de concentrado tuvo un efecto sobre la actividad de agua de los caramelos de goma ensayados, ya que en todos los casos disminuyó a partir de la dosis de 5% de concentrado. La acidez de los caramelos de fresa y naranja se vio afectada por la adición de concentrado, donde se observó una disminución de la acidez conforme mayor fue la dosis de concentrado, mientras que, en cambio, los caramelos de frambuesa no se vieron afectados. No se encontraron cambios relevantes en los valores de humedad y pH en ninguno de los caramelos de goma elaborados con concentrado de uva tinta.

La **tabla 25** muestra el efecto de la dosis de concentrado de piña sobre los parámetros físico-químicos de los caramelos de naranja y melocotón. Se observó una disminución de la actividad de agua según se incrementó la dosis de concentrado en ambos tipos de caramelos. El pH de los caramelos de goma aumentó a mayor dosis de concentrado, mientras que su efecto sobre la acidez no

fue tan claro, ya que la acidez disminuyó únicamente en el caso de los caramelos de melocotón a partir del 10% de concentrado. No se observaron cambios relevantes debidos a la adición de concentrado de piña en la humedad y los grados brix en ninguno de los caramelos de goma ensayados.

La **tabla 26** muestra el efecto de la dosis de concentrado de manzana sobre los parámetros físico-químicos de los caramelos de fresa y frambuesa. Se observó una disminución de la actividad de agua según incrementó la dosis de concentrado. El pH de los caramelos de goma se incrementó acorde al incremento de la dosis de concentrado, a su vez la acidez disminuyó según aumentó la dosis de concentrado. No se observaron cambios relevantes debidos a la adición de concentrado en la humedad y los grados brix en ninguno de los caramelos de goma ensayados.

La **tabla 27** muestra el efecto de la dosis de puré de frambuesa sobre los parámetros físico-químicos de los caramelos de fresa y frambuesa. La humedad de los caramelos de fresa disminuyó según se incrementó la dosis de puré, mientras que este efecto no fue tan claro en el caso de los caramelos de frambuesa. La actividad de agua disminuyó en los caramelos de frambuesa elaborados con al menos un 5% de puré añadido, mientras que no se apreció ese efecto en los caramelos de fresa. Algo parecido ocurrió con el pH, que mostró un incremento en los caramelos de frambuesa con un 10% de puré, mientras que en los caramelos de fresa tampoco se apreció ese efecto. La acidez de los caramelos de fresa aumentó según la dosis de puré, aunque ese efecto no se observó en los caramelos de frambuesa. No se observaron cambios relevantes debidos a la adición de puré sobre la concentración de sólidos solubles en ninguno de los caramelos de goma ensayados.

En general, la adición de derivados de fruta afectó principalmente a la acidez, la actividad de agua y, en menor medida, al pH de los caramelos de goma, con independencia del formato frutal, mientras que el resto de las características físico-químicas estudiadas, como la humedad y la concentración de sólidos solubles, estuvieron menos afectadas. Todo parece indicar que, con independencia del derivado de fruta ensayado, la disminución de la actividad de agua y de la

acidez, así como el aumento de pH observado en los caramelos de goma, se podrían deber al efecto dilución que se produce al incorporar dichos derivados, o también a las diferentes propiedades coligativas de las soluciones azucaradas formadas, ya que las masas de los caramelos fueron elaboradas con un mismo valor final de grados brix.

Como ya es conocido, la actividad de agua es un parámetro importante en los caramelos de goma por su relación con la estabilidad microbiológica, la textura y la migración de agua. Un valor de actividad de agua inferior a 0,65 asegura la estabilidad y una adecuada vida útil de los productos alimentarios (Ergun et al., 2010). En general, los caramelos de goma suelen tener una actividad de agua por debajo de 0,75 (Bussiere y Serpelloni, 1985) y el hecho de que la incorporación de derivados de fruta reduzca ese valor con independencia del tipo de concentrado podría contribuir a mejorar la estabilidad microbiológica, sobre todo en el producto recién fabricado que aun retiene toda su humedad. Así, los valores medios de actividad de agua de los caramelos de goma fueron 0,63, 0,62 y 0,61, para 0, 5 y 10% de derivado de fruta añadido. Por tanto, dichos derivados pueden ser empleados en los caramelos con un amplio margen de seguridad microbiológica.

Según Beuchat (1981), Minifie (1999) y Fontana (2005), por debajo de 0,70 de actividad de agua se inhibe el crecimiento bacteriano, de mohos y levaduras, apenas ciertos mohos y levaduras osmófilas son capaces de crecer en un rango de 0,60 a 0,70 y por debajo de 0,60 no es capaz de crecer ningún microorganismo. En este tipo de caramelos con un bajo contenido en agua, el valor de actividad de agua también depende de la presencia sustancias higroscópicas, como azúcares disueltos, edulcorantes (polialcoholes), sales y sustancias humectantes. En general, aquellos ingredientes con alto peso molecular, tales como, proteínas, hidrocoloides y gomas, tienen un escaso efecto sobre la reducción de la actividad de agua (Ergun et al., 2010). Norrish (1964), relacionó el peso molecular de distintos azúcares incorporados en la formulación de confecciones azucaradas con su capacidad de reducir la actividad de agua y determinó que aquellos azúcares con más bajo peso molecular tienen un mayor efecto sobre el descenso de la actividad de agua. Así la fructosa, cuyo peso molecular es más bajo que la sacarosa y la glucosa, son los

azúcares presentes en mayor medida en los derivados de fruta y podrían ser los responsables del descenso de la actividad de agua observado en los caramelos de goma elaborados con derivados de fruta.

Junto con lo anterior, la alta solubilidad de los azúcares también tiene un efecto sobre la reducción de la actividad de agua (Ergun et al., 2010). Según Bussiere y Serpelloni (1985), la máxima solubilidad a temperatura ambiente de la fructosa, sacarosa y glucosa es 80,0, 67,4 y 51,0, respectivamente. La capacidad humectante de la fructosa va a promover la retención de agua y ayudar a conservar la humedad de los caramelos de goma con derivados de fruta. Además, otros ingredientes con gran afinidad por el agua, tales como los ácidos orgánicos presentes en los derivados de fruta, también son capaces de reducir la actividad de agua, aunque en menor medida, dada su baja proporción.

Los derivados de fruta ensayados contienen ácido cítrico (concentrado de piña y puré de frambuesa), ácido tartárico (concentrado de uva blanca y uva tinta) y ácido málico (concentrado de manzana), a pesar de ello, la incorporación de derivados de fruta a la formulación de los caramelos disminuyó ligeramente la acidez titulable solo en algunos tipos de caramelos y niveles de dosificación, ya que dichos ácidos orgánicos están presentes en baja proporción en comparación con los azúcares disueltos en los derivados.

Tabla 23. Efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre los parámetros físico químicos de los caramelos de goma.

UVA BLANCA	Dosis (%)	Humedad		°Brix		a _w		pH		Acidez titulable	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	18,7 ± 0,50	^a	78,6 ± 0,39	^b	0,63 ± 0,00	^a	2,89 ± 0,12		2,21 ± 0,09	^a
	5	18,5 ± 0,71	^{ab}	78,1 ± 0,21	^b	0,60 ± 0,02	^{ab}	2,87 ± 0,06		1,98 ± 0,15	^b
	10	17,7 ± 0,47	^b	79,6 ± 0,75	^a	0,58 ± 0,03	^b	2,88 ± 0,05		1,90 ± 0,03	^b
Frambuesa	0	17,6 ± 0,73		79,3 ± 0,83		0,63 ± 0,01	^a	2,73 ± 0,01	^b	2,10 ± 0,04	^a
	5	18,2 ± 0,48		78,8 ± 0,65		0,61 ± 0,00	^b	2,74 ± 0,03	^b	2,10 ± 0,07	^a
	10	17,5 ± 0,94		79,6 ± 0,73		0,60 ± 0,00	^c	2,88 ± 0,07	^a	1,95 ± 0,03	^b
Naranja	0	18,4 ± 0,89		79,6 ± 0,60	^{ab}	0,62 ± 0,01		2,75 ± 0,02		2,13 ± 0,03	^a
	5	18,2 ± 1,10		80,0 ± 0,47	^a	0,61 ± 0,01		2,78 ± 0,06		1,90 ± 0,10	^b
	10	18,2 ± 0,81		79,3 ± 0,30	^b	0,61 ± 0,01		2,75 ± 0,02		1,95 ± 0,04	^b
Melocotón	0	18,3 ± 0,74	^a	78,6 ± 0,86		0,62 ± 0,00		2,69 ± 0,01		2,19 ± 0,06	^a
	5	17,1 ± 0,79	^b	79,1 ± 0,28		0,62 ± 0,01		2,73 ± 0,05		2,00 ± 0,16	^b
	10	17,8 ± 0,53	^{ab}	78,7 ± 0,93		0,62 ± 0,00		2,73 ± 0,04		1,93 ± 0,08	^b

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para p<0,05 (mismo color-sabor y formato).

Tabla 24. Efecto de la dosis de concentrado de uva tinta sobre los parámetros físicos químicos de los caramelos de goma.

UVA TINTA	Dosis (%)	Humedad		°Brix		a _w		pH		Acidez titulable	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	19,4 ± 0,47	^a	78,8 ± 1,27		0,64 ± 0,00	^a	2,97 ± 0,14		2,12 ± 0,07	^a
	5	18,3 ± 0,57	^b	78,6 ± 0,35		0,62 ± 0,00	^b	2,93 ± 0,09		2,03 ± 0,11	^a
	10	19,2 ± 0,57	^a	78,6 ± 0,73		0,61 ± 0,00	^b	2,90 ± 0,12		1,92 ± 0,04	^b
Frambuesa	0	17,8 ± 1,40		80,0 ± 0,73		0,62 ± 0,01	^a	2,82 ± 0,07		2,11 ± 0,05	
	5	17,5 ± 0,60		79,9 ± 0,48		0,60 ± 0,01	^b	2,81 ± 0,03		2,07 ± 0,06	
	10	17,6 ± 0,76		80,4 ± 0,29		0,60 ± 0,01	^b	2,85 ± 0,05		2,06 ± 0,03	
Naranja	0	17,9 ± 0,93		78,3 ± 0,44	^b	0,63 ± 0,00	^a	2,90 ± 0,01		2,19 ± 0,06	^a
	5	17,0 ± 0,81		79,3 ± 0,55	^a	0,62 ± 0,01	^b	2,88 ± 0,07		2,04 ± 0,04	^b
	10	18,0 ± 0,37		79,1 ± 0,26	^a	0,61 ± 0,00	^c	2,95 ± 0,10		1,87 ± 0,04	^c

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Tabla 25. Efecto de la dosis de concentrado de piña sobre los parámetros físicos químicos de los caramelos de goma.

PIÑA	Dosis (%)	Humedad		°Brix		a _w		pH		Acidez titulable	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Naranja	0	16,8 ± 0,57		79,3 ± 0,55		0,63 ± 0,00 ^{ab}		2,94 ± 0,01 ^c		2,06 ± 0,06 ^b	
	5	16,9 ± 0,95		79,0 ± 0,61		0,63 ± 0,01 ^a		3,03 ± 0,04 ^b		2,26 ± 0,06 ^a	
	10	16,7 ± 0,44		79,2 ± 0,60		0,62 ± 0,01 ^b		3,15 ± 0,03 ^a		2,06 ± 0,03 ^b	
Melocotón	0	17,1 ± 0,88		78,2 ± 0,25 ^b		0,63 ± 0,00 ^a		2,89 ± 0,02 ^c		2,20 ± 0,03 ^a	
	5	17,0 ± 0,78		78,8 ± 0,23 ^a		0,62 ± 0,01 ^b		3,06 ± 0,02 ^b		2,17 ± 0,03 ^a	
	10	16,4 ± 1,00		78,4 ± 0,17 ^b		0,62 ± 0,00 ^b		3,15 ± 0,01 ^a		2,09 ± 0,08 ^b	

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para p<0,05 (mismo color-sabor y formato).

Tabla 26. Efecto de la dosis de concentrado de manzana sobre los parámetros físicos químicos de los caramelos de goma.

MANZANA	Dosis (%)	Humedad		°Brix		a _w		pH		Acidez titulable	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	17,8 ± 0,82		78,7 ± 0,63		0,62 ± 0,01 ^a		2,85 ± 0,01 ^c		2,28 ± 0,11 ^a	
	5	17,7 ± 0,61		79,0 ± 0,78		0,61 ± 0,01 ^{ab}		2,99 ± 0,03 ^b		2,01 ± 0,11 ^b	
	10	17,2 ± 0,92		78,4 ± 0,19		0,61 ± 0,01 ^b		3,06 ± 0,02 ^a		1,95 ± 0,06 ^b	
Frambuesa	0	17,9 ± 0,51		78,4 ± 0,27		0,64 ± 0,00 ^a		2,87 ± 0,02 ^c		2,26 ± 0,05 ^a	
	5	17,4 ± 0,43		78,5 ± 0,58		0,63 ± 0,00 ^b		2,92 ± 0,03 ^b		2,21 ± 0,05 ^a	
	10	17,9 ± 0,79		78,5 ± 0,58		0,62 ± 0,01 ^c		3,02 ± 0,05 ^a		2,12 ± 0,04 ^b	

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para p<0,05 (mismo color-sabor y formato).

Tabla 27. Efecto de la dosis de puré de frambuesa sobre los parámetros físicos químicos de los caramelos de goma.

FRAMBUESA	Dosis (%)	Humedad		°Brix		a _w		pH		Acidez titulable	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	18,5	± 0,50 ^a	78,4	± 0,26 ^{ab}	0,63	± 0,01	2,88	± 0,02	2,24	± 0,03 ^b
	5	17,9	± 0,74 ^{ab}	78,6	± 0,43 ^a	0,63	± 0,01	2,86	± 0,03	2,28	± 0,06 ^{ab}
	10	17,6	± 0,42 ^b	78,1	± 0,21 ^b	0,63	± 0,01	2,87	± 0,01	2,31	± 0,04 ^a
Frambuesa	0	17,9	± 0,76 ^{ab}	78,4	± 0,23	0,64	± 0,01 ^a	2,87	± 0,01 ^b	2,26	± 0,03 ^{ab}
	5	18,4	± 0,77 ^a	78,6	± 0,19	0,63	± 0,00 ^b	2,87	± 0,02 ^b	2,34	± 0,10 ^a
	10	17,0	± 0,54 ^b	78,4	± 0,21	0,63	± 0,00 ^b	2,91	± 0,04 ^a	2,18	± 0,14 ^b

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para p<0,05 (mismo color-sabor y formato).

5.1.3. Efecto de la incorporación de derivados de fruta sobre las características cromáticas de los caramelos de goma.

La adición de derivados de fruta afectó en diferente medida al color de los caramelos de goma. Los cambios de color más relevantes fueron acompañados de variaciones significativas de luminosidad. Cada concentrado potenció su sabor y color característicos, morado (uva tinta), amarillo (uva blanca, manzana y piña), rojo (frambuesa). La **tabla 28** y **figura 12** muestran el efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre las coordenadas del color de los caramelos de goma (fresa, frambuesa, naranja y melocotón). La adición de concentrado de uva (10%) incrementó la luminosidad solo en los caramelos de fresa. La tonalidad roja (a*) disminuyó en los caramelos de frambuesa a partir del 5% de concentrado, mientras que la tonalidad amarilla (b*) aumentó en los caramelos de frambuesa a partir de una dosis del 10% de concentrado, si bien tuvo el efecto contrario en los caramelos de melocotón. En cambio, los caramelos de naranja no se vieron afectados por la adición de concentrado de uva blanca.

La **tabla 29** y **figura 13** muestran el efecto de la dosis de concentrado de uva tinta sobre las coordenadas del color de los caramelos de goma (fresa, frambuesa y naranja). La adición de concentrado de uva tinta afectó significativamente a todas las coordenadas de color, en algunos casos los cambios fueron evidentes a partir del 5% y en otros a partir del 10% de concentrado. En general, se observó una pérdida de luminosidad a partir del 5% de concentrado. La tonalidad roja (a*) disminuyó en los caramelos de fresa a partir de 5% de concentrado y en los de frambuesa a partir del 10%, mientras que tonalidad amarilla (b*) también disminuyó en todos los caramelos ensayados a partir del 5% de concentrado. En el caso de los caramelos de naranja, los cambios mostrados fueron drásticos en comparación con los otros formatos frutales, ya que el color morado aportado por dicho concentrado modifica en gran medida el color original del producto y le proporciona un color naranja-sanguino que difícilmente puede ser asociado a este sabor por los consumidores.

La **tabla 30** y **figura 14** muestran el efecto de la dosis de concentrado de piña sobre las coordenadas del color de los caramelos de naranja y melocotón. La adición de concentrado (5%) disminuyó la luminosidad de ambos tipos de caramelos, la tonalidad roja (a^*) sólo aumentó en los caramelos de melocotón a partir del 10% de concentrado, mientras que la tonalidad amarilla (b^*) aumentó en ambos tipos de caramelos a partir del 5%.

La **tabla 31** y **figura 15** muestran el efecto de la dosis de concentrado de manzana sobre las coordenadas del color de los caramelos de fresa y frambuesa. En ambos casos, se observó un incremento de la luminosidad gracias a la adición de concentrado. La tonalidad roja (a^*) disminuyó, mientras que la tonalidad amarilla (b^*) aumentó en los caramelos frambuesa a partir del 5% y en los de fresa a partir del 10%.

La **tabla 32** y **figura 16** muestran el efecto de la dosis de puré de frambuesa sobre las coordenadas del color de los caramelos de fresa y frambuesa. Se observó una pérdida de luminosidad en los caramelos de goma debido a la adición de concentrado, sin embargo, la tonalidad roja (a^*) no resultó afectada. La tonalidad amarilla también se vio afectada únicamente en los caramelos de fresa, donde su valor disminuyó a partir del 10% de concentrado.

En general, los derivados de fruta aportan pigmentos naturales que son capaces de modificar las características cromáticas de los caramelos de goma. Aquellos concentrados de color más neutro, como el de uva blanca, aportaron una tonalidad ligeramente amarillenta a los caramelos de goma debido a que contienen flavonoles, los principales pigmentos responsables de la tonalidad amarilla en el concentrado de uva blanca (Cheynier et al., 2000). Algo similar ocurrió con el concentrado de manzana, rico en flavonoides que aportan una tonalidad ligeramente amarilla, y con el concentrado de piña, rico en carotenoides que le dan esa coloración amarilla intensa. En general, estos tres productos potencian en mayor o menor medida el color amarillo, lo que a su vez proporciona una mayor luminosidad a los caramelos de goma.

Por otro lado están los productos que potencian las tonalidades rojo-azuladas. Los caramelos de goma con puré de frambuesa resultaron con una tonalidad roja más oscura gracias a las antocianinas, los pigmentos predominantes en esta fruta, mientras que el concentrado de uva tinta alteró drásticamente la coloración de los caramelos debido a su contenido en antocianos, que son los pigmentos responsables de su coloración rojo-violácea característica (Cheynier et al., 2000). Algo similar ocurrió en un estudio de Hani et al. (2015), donde incorporaron puré de pitaya o fruta de dragón a los caramelos de goma y observaron un incremento en la intensidad de la coloración roja (a^*) de los caramelos debido a las betalaínas presentes en la fruta, las cuales están compuestas principalmente por betacianinas (rojo-violeta) (Azeredo et al., 2007). Esta coloración se vio potenciada con el incremento de la dosis de puré añadido.

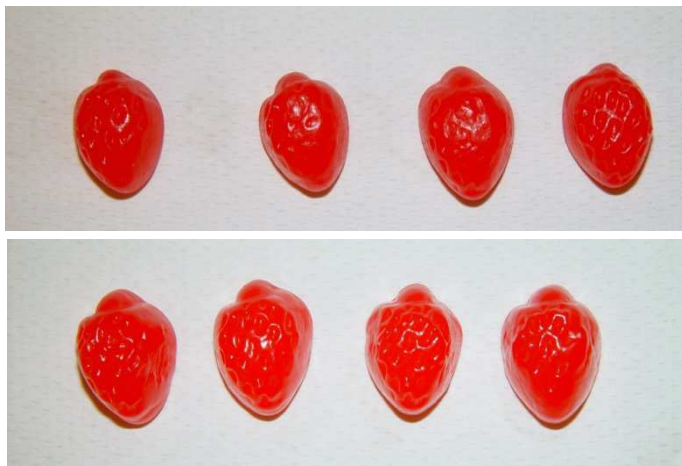
Dado que el empleo de derivados de fruta modifica en mayor o menor medida el color de este tipo de caramelos, su uso estaría limitado a los tipos frutales cuyo color es compatible. El concentrado de uva blanca es el que menos modifica los colores frutales ensayados y sería el producto de elección en caso de que no se quiera modificar la formulación original de colorantes. No obstante, cabe la posibilidad de modificar la concentración y/o la proporción de colorantes añadidos para intentar reproducir el color original de los caramelos de goma con distintos formatos frutales.

Tabla 28. Efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre las coordenadas del color de los caramelos de goma.

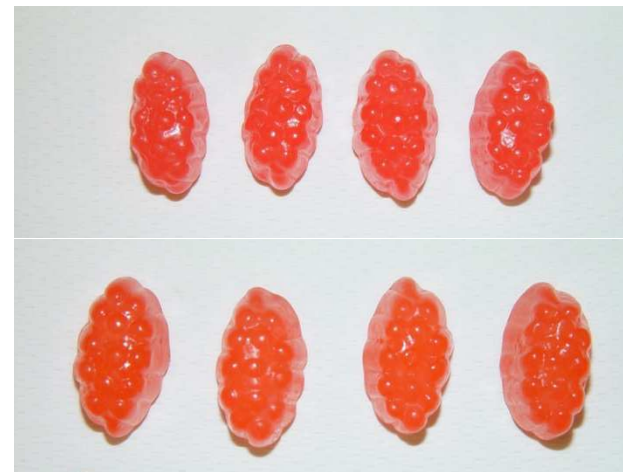
UVA BLANCA	Dosis (%)	Luminosidad		Rojo-verde a*		Amarillo-azul b*		°Hue		Croma	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	39,7	± 1,65 ^b	36,4	± 0,61	16,3	± 2,38 ^{ab}	24,0	± 2,96	39,9	± 1,34 ^{ab}
	5	41,7	± 1,67 ^b	35,9	± 0,84	15,6	± 0,72 ^b	23,5	± 0,62	39,1	± 1,02 ^b
	10	45,4	± 2,37 ^a	37,0	± 1,24	18,0	± 1,18 ^a	25,8	± 1,19	41,2	± 1,48 ^a
Frambuesa	0	48,2	± 1,90	29,0	± 0,46 ^a	11,5	± 0,27 ^b	21,7	± 0,35 ^c	31,2	± 0,50 ^a
	5	51,4	± 3,52	26,4	± 2,53 ^b	11,8	± 0,33 ^b	24,3	± 1,79 ^b	28,9	± 2,39 ^b
	10	49,4	± 2,62	26,0	± 0,86 ^b	13,7	± 1,33 ^a	27,8	± 2,60 ^a	29,4	± 0,86 ^{ab}
Naranja	0	53,0	± 1,16	1,52	± 0,74	18,6	± 1,37	85,4	± 2,02	18,7	± 1,41
	5	52,7	± 1,70	2,15	± 0,28	19,8	± 0,82	83,8	± 0,80	19,9	± 0,82
	10	53,6	± 1,65	1,62	± 0,52	19,5	± 0,87	85,3	± 1,48	19,6	± 0,88
Melocotón	0	52,1	± 1,35	0,01	± 0,17 ^b	14,7	± 0,64 ^a	89,5	± 0,36 ^a	14,7	± 0,64 ^a
	5	51,1	± 1,16	0,43	± 0,20 ^a	15,2	± 0,43 ^a	88,4	± 0,74 ^b	15,2	± 0,43 ^a
	10	52,0	± 0,68	0,07	± 0,17 ^b	13,9	± 0,62 ^b	89,3	± 0,28 ^a	13,9	± 0,62 ^b

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

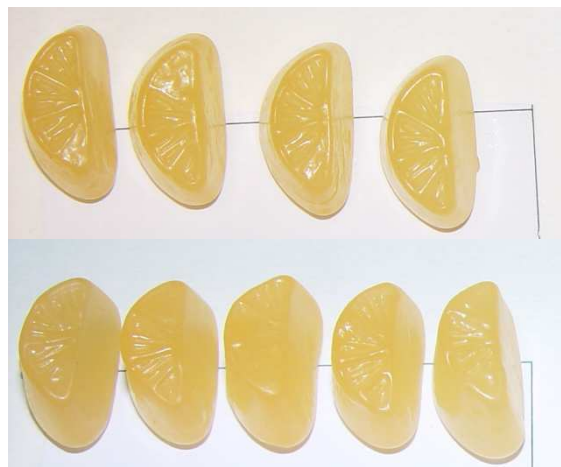
Figura 12. Caramelos de goma elaborados con 0% (arriba) y 10% (abajo) de concentrado de uva blanca.



A: Fresa



B: Frambuesa



C: Naranja



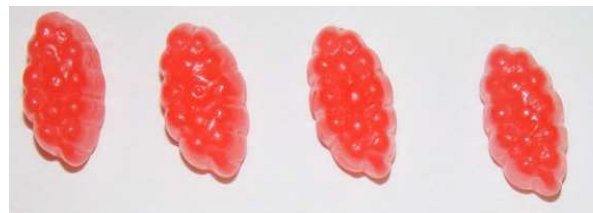
D: Melocotón

Tabla 29. Efecto de la dosis de concentrado de uva tinta sobre las coordenadas de color de los caramelos de goma.

UVA TINTA	Dosis (%)	Luminosidad		Rojo-verde a*		Amarillo-azul b*		°Hue		Croma	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	46,0	± 1,55 ^a	37,2	± 0,78 ^a	16,1	± 0,65 ^a	23,5	± 0,89 ^a	40,5	± 0,79 ^a
	5	36,7	± 2,99 ^b	32,5	± 1,40 ^b	11,6	± 2,92 ^b	19,4	± 4,04 ^a	34,6	± 2,13 ^b
	10	29,6	± 2,94 ^c	28,4	± 2,52 ^c	4,60	± 2,65 ^c	8,76	± 4,58 ^b	28,9	± 2,87 ^c
Frambuesa	0	44,6	± 1,72 ^a	26,4	± 0,66 ^a	9,10	± 0,31 ^a	19,0	± 0,64 ^a	27,9	± 0,65 ^a
	5	30,2	± 0,72 ^b	26,1	± 1,95 ^a	4,30	± 0,88 ^b	9,20	± 1,36 ^b	26,5	± 2,04 ^a
	10	24,0	± 1,36 ^c	23,7	± 1,36 ^b	-0,20	± 1,67 ^c	-0,67	± 3,94 ^c	23,7	± 1,38 ^b
Naranja	0	52,6	± 0,93 ^a	2,50	± 0,27 ^b	19,1	± 0,55 ^a	82,5	± 0,74 ^a	19,2	± 0,56
	5	30,5	± 0,91 ^b	18,6	± 1,89 ^a	3,90	± 1,78 ^b	11,6	± 3,99 ^b	19,1	± 2,20
	10	26,5	± 1,15 ^c	17,5	± 1,81 ^a	0,10	± 2,10 ^c	-0,22	± 7,21 ^c	17,7	± 1,74

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato)

Figura 13. Caramelos de goma elaborados con 0% (arriba) y 10% (abajo) de concentrado de uva tinta.



A: Fresa

B: Frambuesa

C: Naranja

Tabla 30. Efecto de la dosis de concentrado de piña sobre las coordenadas de color de los caramelos de goma.

PIÑA	Dosis (%)	Luminosidad		Rojo-verde a*		Amarillo-azul b*		° Hue		Croma						
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D					
Naranja	0	56,2	± 1,05	^a	1,37	± 0,17	^b	18,7	± 0,69	^b	85,8	± 0,59	18,8	± 0,69	^b	
	5	54,2	± 2,06	^{ab}	1,85	± 0,23	^a	24,6	± 2,99	^a	85,6	± 0,80	24,7	± 2,98	^a	
	10	53,7	± 2,21	^b	1,75	± 0,54	^{ab}	26,9	± 1,73	^a	86,2	± 1,36	26,9	± 1,70	^a	
Melocotón	0	52,1	± 1,47	^a	-0,05	± 0,18	^b	13,3	± 0,90	^c	89,4	± 0,41	^a	13,3	± 0,90	^c
	5	50,7	± 1,24	^{ab}	-0,02	± 0,14	^b	18,9	± 1,37	^b	89,6	± 0,25	^a	18,9	± 1,37	^b
	10	49,2	± 1,73	^b	0,75	± 0,36	^a	22,7	± 1,70	^a	88,1	± 1,01	^b	22,7	± 1,70	^a

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Figura 14. Caramelos de goma elaborados con 0% (arriba) y 10% (abajo) de concentrado de Piña.



A: Melocotón



B: Naranja

Tabla 31. Efecto de la dosis de concentrado de manzana sobre las coordenadas de color de los caramelos de goma.

MANZANA	Dosis (%)	Luminosidad		Rojo-verde a*		Amarillo-azul b*		° Hue		Croma	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	38,9	± 1,22 ^b	35,44	± 0,98 ^a	14,2	± 1,13 ^b	21,9	± 1,09 ^b	38,2	± 1,31 ^a
	5	40,1	± 0,90 ^{ab}	31,95	± 0,70 ^c	13,6	± 0,75 ^b	23,1	± 0,77 ^b	34,7	± 0,91 ^b
	10	41,1	± 1,38 ^a	33,48	± 1,02 ^b	17,4	± 1,44 ^a	27,5	± 1,40 ^a	37,8	± 1,51 ^a
Frambuesa	0	48,2	± 1,34 ^b	28,36	± 0,39 ^a	9,20	± 0,41 ^c	18,0	± 0,68 ^c	29,8	± 0,43 ^a
	5	48,2	± 1,08 ^b	26,85	± 0,50 ^a	12,9	± 0,29 ^b	25,6	± 0,20 ^b	29,8	± 0,57 ^a
	10	49,9	± 1,19 ^a	21,96	± 2,07 ^b	15,8	± 0,81 ^a	35,9	± 1,47 ^a	27,1	± 2,11 ^b

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Figura 15. Caramelos de goma elaborados con 0% (arriba) y 10% (abajo) de concentrado de Manzana.



A: Fresa



B: Frambuesa

Tabla 32. Efecto de la dosis de puré de frambuesa sobre las coordenadas de color de los caramelos de goma.

FRAMBUESA	Dosis (%)	Luminosidad		Rojo-verde a*		Amarillo-azul b*		°Hue		Croma	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	41,8 ± 2,28	^a	33,72 ± 1,00		10,4 ± 0,87	^a	17,1 ± 1,13	^a	35,3 ± 1,13	^a
	5	36,9 ± 0,63	^b	32,55 ± 1,00		9,60 ± 0,96	^a	16,4 ± 1,81	^a	33,9 ± 0,87	^{ab}
	10	34,9 ± 0,72	^c	32,63 ± 1,30		7,40 ± 1,10	^b	12,8 ± 1,70	^b	33,5 ± 1,39	^b
Frambuesa	0	43,6 ± 6,41	^a	30,87 ± 4,08		9,40 ± 0,66		17,0 ± 1,16	^{ab}	32,3 ± 4,08	
	5	42,6 ± 6,77	^a	30,00 ± 4,97		10,2 ± 2,81		18,6 ± 1,94	^a	31,7 ± 5,61	
	10	33,8 ± 1,60	^b	34,10 ± 1,03		9,70 ± 1,05		15,9 ± 1,26	^b	35,5 ± 1,26	

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Figura 16. Caramelos de goma elaborados con 0% (arriba) y 10% (abajo) de puré de Frambuesa.



A: Fresa



B: Frambuesa

5.1.4. Efecto de la incorporación de derivados de fruta sobre el perfil de textura de los caramelos de goma.

La **tabla 33** muestra el efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre el perfil de textura de los caramelos de goma (fresa, frambuesa, melocotón y naranja). La adición de concentrados de uva blanca modificó la textura de los caramelos, los cuales, se volvieron más blandos y menos elásticos, perdiendo parte de su gomosidad característica. La adición de concentrado de uva blanca disminuyó la dureza de los caramelos de frambuesa y naranja a partir del 5% y en los caramelos de melocotón elaborados con un 10% de concentrado. La gomosidad también experimentó una tendencia similar para el caso de los caramelos de frambuesa y naranja con la adición de un 5% de concentrado y para los caramelos de fresa y melocotón a partir del 10%. La adición de concentrado también disminuyó la masticabilidad de los caramelos de goma a partir del 5% en los caramelos de frambuesa y naranja, así como en los caramelos de fresa y melocotón elaborados con un 10% de concentrado. La elasticidad de los caramelos de fresa, frambuesa y naranja también disminuyó con la adición de concentrado, mientras que otras propiedades, como la adhesividad y cohesividad, no resultaron afectadas por la adición de concentrado en ninguno de los formatos frutales estudiados.

La **tabla 34** muestra el efecto de la dosis de concentrado de uva tinta sobre el perfil de textura de los caramelos de goma (fresa, frambuesa y naranja). Como en el caso anterior, la adición de concentrado de uva tinta disminuyó la dureza y gomosidad de los caramelos de goma a partir del 5% de concentrado. La adhesividad también resultó afectada por la incorporación de concentrado a los caramelos de fresa y frambuesa, mientras que la cohesividad sólo se vio afectada en los caramelos elaborados con un 10% de concentrado. La adición de concentrado de uva tinta también disminuyó la masticabilidad de los caramelos de frambuesa y naranja a partir del 5% y en los caramelos de fresa elaborados con un 10%. La elasticidad de los caramelos de naranja disminuyó con la adición de 5% de concentrado, mientras que este efecto fue observado en los caramelos de fresa y frambuesa elaborados con el doble de esta dosis.

La **tabla 35** muestra el efecto de la dosis de concentrado de piña sobre el perfil de textura de los caramelos de goma (melocotón y naranja). La adición de concentrado (5%) de piña disminuyó la dureza y gomosidad de los caramelos de melocotón, mientras que un 10% fue necesario para producir un efecto sobre los caramelos de naranja. La masticabilidad y la elasticidad mostraron una disminución por la adición de un 10% de concentrado. La adhesividad y cohesividad de los caramelos no se vieron alteradas por la adición de concentrado.

La **tabla 36** muestra el efecto de la dosis de concentrado de manzana sobre el perfil de textura de los caramelos de goma (fresa y frambuesa). Como en casos anteriores, la dureza, la gomosidad y la elasticidad de los caramelos de fresa y frambuesa experimentaron una disminución conforme se incrementó la dosis de concentrado, mientras que su elasticidad solo disminuyó cuando se empleó una dosis de concentrado del 10% de concentrado añadido. Por otro lado, no se apreció un efecto claro sobre la adhesividad y cohesividad de estos caramelos debido a la adición de concentrado de manzana.

La **tabla 37** muestra el efecto de la dosis de puré de frambuesa sobre el perfil de textura de los caramelos de goma (fresa y frambuesa). La adición de puré de frambuesa (5%) disminuyó la gomosidad, elasticidad y cohesividad de los caramelos de fresa, mientras que, por el contrario, la textura de los caramelos de frambuesa no experimentó ningún cambio por la adición de puré.

De acuerdo con lo anterior, la adición de derivados frutales a los caramelos de goma, con independencia del producto, afectaría sobre todo a propiedades de textura como la gomosidad, dureza y masticabilidad. Los cambios de textura fueron detectados en unos casos al añadir un 5% de concentrado y/o puré de fruta, mientras que en otros casos fue necesario añadir un 10%. En general, los caramelos de goma elaborados con concentrado de fruta resultaron más blandos, menos gomosos y menos masticables. Este fenómeno se explicaría por la disminución de la proporción relativa de agentes gelificantes, y en particular, de gelatina.

Ortega y Sanderson (1994), estudiaron las características de geles combinados de alginato-gelano y concluyeron que las propiedades mecánicas de

los geles puros son diferentes de aquellos geles elaborados con pulpa de fruta. Un incremento en la concentración de pulpa redujo la fuerza del gel, lo cual se demostró en geles de alginato donde el aumento de la concentración de pulpa de frambuesa (2-10%) proporcionó geles más débiles y menos rígidos (Nussinovitch y Peleg, 1990).

Hani et al. (2015) incorporaron puré de pitaya o fruta de dragón a los caramelos de goma de gelatina o pectina y observaron una disminución de la dureza y gomosidad con el incremento de contenido del puré, resultados que fueron independientes del agente gelificante usado. La explicación a esto es que la presencia de un mayor contenido de puré proporcionó una mayor heterogeneidad a la estructura de la red y, por lo tanto, contribuyó a disminuir la dureza. Esto se debería a que al aumentar la cantidad de puré, el número de enlaces cruzados probablemente disminuyó y la organización estructural se hizo cada vez menos ordenada y más heterogénea. La separación de fases entre la fase rica en puré de frutas y la rica en polímero presenta menos interconexiones en la estructura global debido a la reducida disponibilidad de moléculas de agua (Kälviäinen et al., 2000).

Manjunatha y Das Gupta (2006) encontraron resultados similares cuando estudiaron geles reestructurados de zanahoria, donde la dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad disminuyeron según se incrementaba el nivel de pulpa de zanahoria (0-90%).

Un estudio llevado a cabo por Marfil et al. (2012) en caramelos de goma con gelatina y/o almidón encontró que la introducción de almidón tuvo un efecto endurecedor sobre la estructura del gel, de modo que los caramelos con menos almidón fueron los más blandos. En nuestro estudio, la adición de derivados de fruta disminuye la proporción relativa de almidón en el producto, lo que podría explicar la pérdida de dureza observada.

Por otro lado, Banerjee et al. (2013), en un estudio en geles de gelano, demostró que la incorporación de zumo de zanahoria incrementó la cohesividad de los geles, mientras que en geles de agar, un incremento en los niveles de azúcares

incrementó la dureza, elasticidad y cohesividad, al contrario de nuestros resultados.

En nuestro caso, el empleo de derivados de fruta puede modificar la textura de los caramelos de goma dando como resultado geles menos firmes y más blandos, lo que va en detrimento de la textura gomosa y elástica característica de estos caramelos. Como se ha visto, elaborar la masa de los caramelos con la misma concentración final de sólidos solubles no garantiza que se reproduzca la textura original del producto, y por tanto, probablemente habría que corregir la proporción de agentes gelificantes y/o azúcares para asegurar que los caramelos mantienen una textura adecuada.

Tabla 33. Efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre el perfil de textura de los caramelos de goma.

VA BLANCA	Dosis (%)	Dureza		Gomosidad		Adhesividad		Cohesividad		Masticabilidad		Elasticidad	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	0,46 ± 0,05	^b	0,32 ± 0,04	^a	-0,02 ± 0,01		0,71 ± 0,02		1,23 ± 0,16	^a	3,78 ± 0,13	^a
	5	0,52 ± 0,02	^a	0,37 ± 0,03	^a	-0,02 ± 0,02		0,71 ± 0,06		1,40 ± 0,18	^a	3,82 ± 0,23	^a
	10	0,28 ± 0,06	^c	0,19 ± 0,04	^b	-0,03 ± 0,01		0,66 ± 0,04		0,59 ± 0,21	^b	3,10 ± 0,42	^b
Frambuesa	0	0,48 ± 0,08	^a	0,36 ± 0,05	^a	-0,01 ± 0,01		0,76 ± 0,03		1,35 ± 0,18	^a	3,72 ± 0,13	^a
	5	0,35 ± 0,06	^b	0,26 ± 0,04	^b	-0,01 ± 0,01		0,74 ± 0,03		0,91 ± 0,20	^b	3,52 ± 0,21	^{ab}
	10	0,32 ± 0,04	^b	0,24 ± 0,02	^b	-0,01 ± 0,01		0,74 ± 0,04		0,81 ± 0,08	^b	3,43 ± 0,14	^b
Naranja	0	0,52 ± 0,02	^a	0,41 ± 0,02	^a	-0,02 ± 0,02		0,78 ± 0,01		1,59 ± 0,09	^a	3,92 ± 0,20	^a
	5	0,40 ± 0,05	^b	0,31 ± 0,04	^b	0,00 ± 0,01		0,77 ± 0,02		1,16 ± 0,23	^b	3,73 ± 0,20	^{ab}
	10	0,36 ± 0,02	^b	0,27 ± 0,02	^b	-0,01 ± 0,01		0,76 ± 0,03		1,00 ± 0,07	^b	3,67 ± 0,13	^b
Melocotón	0	0,39 ± 0,03	^a	0,29 ± 0,03	^a	-0,01 ± 0,01		0,75 ± 0,02		1,09 ± 0,12	^a	3,73 ± 0,13	
	5	0,36 ± 0,04	^a	0,26 ± 0,02	^a	-0,01 ± 0,01		0,74 ± 0,03		0,97 ± 0,14	^a	3,68 ± 0,21	
	10	0,31 ± 0,03	^b	0,23 ± 0,02	^b	0,00 ± 0,01		0,75 ± 0,02		0,80 ± 0,11	^b	3,50 ± 0,25	

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Tabla 34. Efecto de la dosis de concentrado de uva tinta sobre el perfil de textura de los caramelos de goma.

UVA TINTA	Dosis (%)	Dureza		Gomosidad		Adhesividad		Cohesividad		Masticabilidad		Elasticidad	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	0,53 ± 0,01 ^a		0,38 ± 0,01 ^a		-0,01 ± 0,02 ^a		0,72 ± 0,03 ^{ab}		1,40 ± 0,09 ^a		3,72 ± 0,12 ^a	
	5	0,43 ± 0,09 ^b		0,32 ± 0,07 ^b		-0,07 ± 0,06 ^{ab}		0,73 ± 0,02 ^a		1,23 ± 0,31 ^a		3,79 ± 0,21 ^a	
	10	0,37 ± 0,03 ^b		0,25 ± 0,02 ^c		-0,08 ± 0,03 ^b		0,69 ± 0,02 ^b		0,88 ± 0,06 ^b		3,48 ± 0,11 ^b	
Frambuesa	0	0,41 ± 0,02 ^a		0,31 ± 0,02 ^a		0,00 ± 0,01 ^a		0,75 ± 0,02 ^a		1,18 ± 0,10 ^a		3,76 ± 0,15 ^a	
	5	0,35 ± 0,04 ^b		0,26 ± 0,03 ^b		-0,01 ± 0,01 ^{ab}		0,74 ± 0,03 ^a		0,95 ± 0,17 ^b		3,58 ± 0,25 ^a	
	10	0,30 ± 0,02 ^c		0,21 ± 0,01 ^c		-0,03 ± 0,02 ^b		0,69 ± 0,03 ^b		0,66 ± 0,04 ^c		3,21 ± 0,04 ^b	
Naranja	0	0,38 ± 0,02 ^a		0,29 ± 0,02 ^a		0,00 ± 0,01		0,77 ± 0,02 ^a		1,09 ± 0,10 ^a		3,75 ± 0,12 ^a	
	5	0,32 ± 0,03 ^b		0,24 ± 0,02 ^b		0,00 ± 0,00		0,76 ± 0,03 ^a		0,87 ± 0,10 ^b		3,56 ± 0,13 ^b	
	10	0,29 ± 0,02 ^c		0,20 ± 0,01 ^c		-0,01 ± 0,02		0,71 ± 0,02 ^b		0,65 ± 0,06 ^c		3,22 ± 0,18 ^c	

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Tabla 35. Efecto de la dosis de concentrado de piña sobre el perfil de textura de los caramelos de goma.

PIÑA	Dosis (%)	Dureza		Gomosidad		Adhesividad		Cohesividad		Masticabilidad		Elasticidad	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Naranja	0	0,34 ± 0,02	^a	0,26 ± 0,01	^a	-0,01 ± 0,01		0,75 ± 0,04		0,95 ± 0,06	^a	3,69 ± 0,22	^{ab}
	5	0,33 ± 0,04	^a	0,26 ± 0,03	^a	-0,01 ± 0,02		0,78 ± 0,04		0,97 ± 0,15	^a	3,75 ± 0,18	^a
	10	0,29 ± 0,03	^b	0,22 ± 0,02	^b	0,00 ± 0,01		0,76 ± 0,02		0,76 ± 0,11	^b	3,45 ± 0,26	^b
Melocotón	0	0,36 ± 0,02	^a	0,29 ± 0,01	^a	0,00 ± 0,01		0,79 ± 0,04		1,08 ± 0,08	^a	3,75 ± 0,15	^{ab}
	5	0,32 ± 0,03	^b	0,25 ± 0,03	^b	-0,01 ± 0,01		0,79 ± 0,04		0,96 ± 0,14	^a	3,84 ± 0,15	^a
	10	0,28 ± 0,02	^c	0,21 ± 0,02	^c	-0,01 ± 0,01		0,76 ± 0,02		0,76 ± 0,04	^b	3,61 ± 0,17	^b

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Tabla 36. Efecto de la dosis de concentrado de manzana sobre el perfil de textura de los caramelos de goma.

MANZANA	Dosis (%)	Dureza		Gomosidad		Adhesividad		Cohesividad		Masticabilidad		Elasticidad	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	0,34 ± 0,03	^a	0,26 ± 0,03	^a	0,00 ± 0,00		0,76 ± 0,03		0,98 ± 0,14	^a	3,73 ± 0,22	^a
	5	0,30 ± 0,02	^b	0,23 ± 0,01	^b	0,00 ± 0,01		0,77 ± 0,02		0,84 ± 0,03	^b	3,63 ± 0,12	^a
	10	0,25 ± 0,02	^c	0,18 ± 0,02	^c	-0,01 ± 0,01		0,74 ± 0,04		0,61 ± 0,05	^c	3,28 ± 0,12	^b
Frambuesa	0	0,35 ± 0,03	^a	0,27 ± 0,02	^a	0,00 ± 0,01		0,77 ± 0,04	^{ab}	1,00 ± 0,06	^a	3,73 ± 0,08	^a
	5	0,26 ± 0,02	^b	0,20 ± 0,01	^b	0,00 ± 0,00		0,79 ± 0,02	^a	0,71 ± 0,07	^b	3,50 ± 0,14	^a
	10	0,24 ± 0,02	^b	0,17 ± 0,02	^c	-0,01 ± 0,01		0,73 ± 0,06	^b	0,54 ± 0,11	^c	3,13 ± 0,31	^b

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Tabla 37. Efecto de la dosis de puré de frambuesa sobre el perfil de textura de los caramelos de goma.

FRAMBUESA	Dosis (%)	Dureza		Gomosidad		Adhesividad		Cohesividad		Masticabilidad		Elasticidad	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
Fresa	0	0,36 ± 0,03		0,29 ± 0,02 ^a		0,00 ± 0,01		0,78 ± 0,03 ^a		1,06 ± 0,09 ^a		3,74 ± 0,17	
	5	0,33 ± 0,05		0,25 ± 0,02 ^b		0,00 ± 0,01		0,76 ± 0,04 ^{ab}		0,91 ± 0,10 ^b		3,67 ± 0,16	
	10	0,36 ± 0,03		0,26 ± 0,02 ^b		-0,01 ± 0,01		0,73 ± 0,04 ^b		0,92 ± 0,08 ^b		3,55 ± 0,17	
Frambuesa	0	0,31 ± 0,03		0,24 ± 0,03		0,00 ± 0,00		0,78 ± 0,02		0,88 ± 0,12		3,63 ± 0,12	
	5	0,32 ± 0,03		0,24 ± 0,01		0,00 ± 0,00		0,75 ± 0,03		0,87 ± 0,07		3,58 ± 0,25	
	10	0,32 ± 0,03		0,24 ± 0,02		0,00 ± 0,01		0,74 ± 0,04		0,83 ± 0,15		3,63 ± 0,21	

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

5.1.5. Efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre la calidad de los caramelos de goma.

Como se ha visto anteriormente, dado que la adición de derivados de fruta modifica la textura de los caramelos de goma, por tanto, se concluyó que para mantener la textura gomosa característica de los caramelos elaborados con fruta, era preciso realizar una corrección del contenido en azúcares con el objeto de conservar intacta la proporción de gelificantes. Para ello, se procedió a eliminar de la fórmula una cantidad de jarabe de glucosa equivalente a los azúcares aportados por los derivados de fruta y se ensayaron diversos grados de adición de jarabe de glucosa (78- 100 %) en los caramelos de fresa elaborados con diferentes porcentajes de concentrado de uva blanca (en un rango de 5 – 10 %).

La **tabla 38** muestra el efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre los parámetros físico-químicos de los caramelos de fresa elaborados con concentrado de uva blanca. La sustitución de azúcares permitió añadir hasta un 9% de concentrado sin afectar a los grados brix del producto final. La humedad y la actividad de agua de los caramelos de goma no se vieron afectadas significativamente cuando se añadió hasta un 10% de concentrado debido a la sustitución de azúcares, mientras que el efecto de la sustitución progresiva de jarabe por concentrado de uva sobre el pH y la acidez no resultó ser tan claro, ya que no se llegó a establecer una relación clara entre el nivel de dosificación y las variaciones de los valores de ambos parámetros.

La **tabla 39** muestra el efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre las coordenadas de color de los caramelos de fresa elaborados con concentrado de uva blanca. El ajuste del contenido en azúcares permitió añadir hasta 8% de concentrado sin apenas modificar la luminosidad de los caramelos de goma, mientras que la luminosidad disminuyó por encima de esa dosis. La tonalidad roja (a^*) y la tonalidad amarilla (b^*) de los caramelos de goma no resultaron claramente afectadas por la corrección de azúcares, ni por la adición de concentrado de uva.

La **tabla 40** muestra el efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre el perfil de textura de los caramelos de fresa elaborados con concentrado de uva blanca. La sustitución de azúcares permitió añadir hasta un 9% de concentrado sin observar cambios significativos en la dureza, gomosidad y masticabilidad de los caramelos de goma. Cuando la adición de concentrado fue de un 10%, los caramelos de goma con el contenido de azúcares corregido resultaron ser más duros, gomosos y masticables que aquellos caramelos donde no se realizó dicha corrección, sin embargo, no se observó el mismo efecto para los caramelos elaborados con un 5% de concentrado. La adhesividad, cohesividad y elasticidad de los caramelos de goma no resultó afectada, ni por la adición de concentrado, ni por la corrección de azúcares.

Los resultados de este experimento demostraron que los caramelos de fresa elaborados con concentrado de uva blanca no se vieron afectados en cuanto a la textura, características cromáticas y físico-químicas, gracias a la sustitución del jarabe de glucosa por el equivalente en sólidos solubles proporcionado por el concentrado de fruta. Por ello, se procedió a realizar una validación tecnológica de la formulación optimizada evaluando las características físico-químicas, los atributos de color y la textura instrumental tras 7 días de almacenamiento. Además de los parámetros físico-químicos anteriores, se desarrolló una metodología específica para evaluar sensorialmente los caramelos de goma con concentrado de fruta.

La **tabla 41** muestra el efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre la calidad de los caramelos de fresa optimizados (con corrección de azúcares). En cuanto a las características físico-químicas, la sustitución de jarabe por concentrado, con independencia de la dosis, redujo en una centésima (de 0,64 a 0,63) el valor de actividad de agua de los caramelos, aunque esta diferencia resultó ser significativa desde un punto de vista estadístico debido a la baja desviación típica de esta medida. Comparando estos resultados con los del experimento anterior, se puede ver que la caída de la actividad de agua no fue tan importante cuando se realizó la compensación de azúcares en la fórmula, y esto está directamente relacionado con la concentración de azúcares del producto, ya

que, como puede observarse, el valor de grados brix fue similares en las tres formulaciones ensayadas. Por su parte, el valor de pH de los caramelos de goma aumentó ligeramente con la adición de concentrado, mientras que no se observaron cambios en la humedad y acidez de los caramelos de goma elaborados con concentrado, al contrario de lo ocurrido en los caramelos de goma elaborados sin corrección de azúcares del experimento anterior.

En cuanto a las características cromáticas, cuando se realizó la corrección de azúcares, se observó una disminución de la luminosidad a partir del 5% de concentrado, lo contrario que ocurrió en los caramelos de goma del experimento anterior, donde la luminosidad aumentó. Por su parte, las tonalidades roja y amarilla se mantuvieron sin cambios en los caramelos elaborados con un 5% de concentrado y descendieron en las muestras elaboradas con un 10% de concentrado, mientras que, en el experimento anterior, ambas coordenadas cromáticas no presentaron cambios apreciables en los caramelos elaborados sin corrección de azúcares.

En cuanto a la textura instrumental, cuando se realizó la corrección de azúcares, se observó que la dureza de los caramelos de goma se mantuvo sin cambios relevantes, mientras que en el experimento anterior, los caramelos elaborados sin corrección de azúcares resultaron más blandos. Además, se observó una disminución de la gomosidad, masticabilidad y elasticidad de los caramelos de goma cuando se adicionó un 10% de concentrado, algo similar a lo que ocurrió en el experimento anterior con los caramelos elaborados sin corrección de azúcares, mientras que no se observaron cambios en la adhesividad de los caramelos de goma elaborados con concentrado y con corrección de azúcares. En general, la corrección de azúcares de la fórmula contrarrestó los efectos de la adición de concentrado especialmente sobre la textura de los caramelos de goma, y esto probablemente fue debido a que se mantuvo constante la proporción de gelificantes y sólidos solubles del producto.

La **tabla 42** muestra el efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre la calidad sensorial de los caramelos de fresa optimizados. Los datos del

análisis sensorial de los caramelos de goma optimizados y almacenados durante 7 días fueron coherentes con los resultados anteriores. Con la adición máxima de concentrado (10%) se apreció un oscurecimiento del color rojo de los caramelos de goma acorde con los datos obtenidos instrumentalmente, donde hubo una disminución de la tonalidad roja (a^*) y de la luminosidad. Al añadir un 5% de concentrado de uva blanca se intensificó el sabor dulce y a mosto en detrimento del aroma a fresa. En cuanto a la textura sensorial, los caramelos de goma se volvieron más blandos cuando se adicionó un 5% de concentrado cuando se evaluaron con los dedos y la boca. Sin embargo, los resultados del TPA no revelaron cambios en la dureza de los caramelos de goma con concentrado. También, se observó que, a dicha concentración, los caramelos de goma fueron menos masticables y elásticos, lo que coincide con los resultados obtenidos de la medida instrumental de textura. La adhesividad de los caramelos de goma disminuyó con la adición de concentrado en la fórmula optimizada, aunque no ocurrió lo mismo en la medida instrumental. Los panelistas no fueron capaces de detectar diferencias en cuanto al sabor ácido de los caramelos de goma con concentrado.

Por otro lado, tras los análisis microbiológicos no se detectaron recuentos ($<1 \log \text{ufc. g}^{-1}$) de mohos y levaduras en los caramelos de goma elaborados con concentrado de fruta. De modo similar, Hani et al. (2015) demostraron que la adición de puré de fruta de dragón no incrementa la carga microbiana de los caramelos de goma. Ese bajo crecimiento microbiano, se debió a los bajos valores de actividad de agua (0,68) y pH (3,6) que alcanzaron los caramelos enriquecidos con puré de fruta de dragón. En nuestro caso, los valores de actividad de agua fueron 0,64, 0,63 y 0,63 y los valores de pH fueron 3,22, 3,26 y 3,34 para 0, 5 y 10% de concentrado de uva blanca, respectivamente, valores muy por debajo de las condiciones óptimas de pH y a_w para el crecimiento de bacterias, mohos y levaduras 4,0-7,5 y 0,7-0,9, respectivamente (FDA, 2004). Por tanto, los caramelos de goma elaborados con concentrado de uva son productos muy estables desde un punto de vista microbiológico a temperatura ambiente.

Tabla 38. Efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre los parámetros físico químicos de los caramelos de fresa con concentrado de uva blanca.

Dosis concentrado (%)	Dosis glucosa (%)	Humedad		°Brix		a _w		pH		Acidez titulable	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
C0	100	18,9 ± 0,54	^a	78,3 ± 0,24	^{ab}	0,63 ± 0,00	^a	3,30 ± 0,02	^a	1,23 ± 0,02	^d
C5	100	18,2 ± 0,83	^{ab}	78,5 ± 0,26	^{ab}	0,62 ± 0,00	^{abc}	3,27 ± 0,07	^{ab}	1,44 ± 0,15	^c
C10	100	17,1 ± 0,94	^b	78,4 ± 0,33	^{ab}	0,61 ± 0,00	^c	3,21 ± 0,01	^{bc}	1,53 ± 0,03	^{bc}
5	89	17,5 ± 0,62	^{ab}	78,7 ± 0,45	^a	0,62 ± 0,01	^{ab}	3,15 ± 0,08	^{cd}	1,64 ± 0,04	^{ab}
6	87	17,6 ± 1,09	^{ab}	78,2 ± 0,21	^{ab}	0,62 ± 0,01	^{abc}	3,15 ± 0,04	^{cd}	1,53 ± 0,07	^{bc}
7	85	18,7 ± 0,84	^{ab}	78,2 ± 0,11	^{ab}	0,62 ± 0,01	^{abc}	3,22 ± 0,01	^{abc}	1,46 ± 0,01	^c
8	83	18,3 ± 1,18	^{ab}	78,2 ± 0,37	^{ab}	0,61 ± 0,01	^{bc}	3,09 ± 0,05	^d	1,69 ± 0,12	^a
9	81	18,9 ± 0,55	^a	78,3 ± 0,10	^{ab}	0,62 ± 0,00	^{abc}	3,22 ± 0,01	^{abc}	1,44 ± 0,03	^c
10	78	18,2 ± 0,99	^{ab}	77,9 ± 0,21	^b	0,62 ± 0,01	^{ab}	3,19 ± 0,03	^{bc}	1,51 ± 0,03	^{bc}

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para p<0,05.

Tabla 39. Efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre las coordenadas de color de los caramelos de fresa con concentrado de uva blanca.

Dosis concentrado (%)	Dosis glucosa (%)	Luminosidad		Rojo-verde a*		Amarillo-azul b*		°Hue		Croma	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
C0	100	34,9 ± 1,06	abc	36,9 ± 1,22	a	12,1 ± 1,08	a	18,2 ± 1,02	a	38,8 ± 1,47	a
C5	100	33,6 ± 0,51	bcd	35,9 ± 1,10	ab	8,65 ± 0,84	b	13,5 ± 1,22	b	36,9 ± 1,14	ab
C10	100	35,0 ± 0,81	abc	36,4 ± 0,99	a	10,8 ± 1,18	ab	16,5 ± 1,59	ab	38,0 ± 1,12	ab
5	89	33,3 ± 0,78	cde	36,6 ± 0,91	a	11,2 ± 1,00	ab	17,0 ± 1,07	ab	38,3 ± 1,14	a
6	87	35,9 ± 1,04	a	37,4 ± 0,62	a	12,4 ± 0,68	a	18,4 ± 0,87	a	39,4 ± 0,70	a
7	85	32,7 ± 0,99	de	36,2 ± 0,94	ab	10,4 ± 1,03	ab	16,0 ± 1,15	ab	37,7 ± 1,17	ab
8	83	35,3 ± 0,76	ab	36,9 ± 0,99	a	12,9 ± 0,79	a	19,3 ± 0,79	a	39,1 ± 1,15	a
9	81	31,7 ± 1,29	e	33,6 ± 2,23	b	8,67 ± 2,57	b	14,2 ± 3,16	b	34,8 ± 2,81	b
10	78	32,5 ± 0,97	de	35,9 ± 2,14	ab	10,3 ± 3,01	ab	15,8 ± 3,61	ab	37,5 ± 2,86	ab

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$. C: control

Tabla 40. Efecto del grado de sustitución del jarabe de glucosa sobre el perfil de textura de los caramelos de fresa con concentrado de goma de uva blanca.

Dosis concentrado (%)	Dosis glucosa (%)	Dureza		Gomosidad		Adhesividad		Cohesividad		Masticabilidad		Elasticidad	
		M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
C0	100	0,58 ± 0,05	^a	0,43 ± 0,03	^a	-0,01 ± 0,02		0,75 ± 0,04		1,75 ± 0,11	^a	4,06 ± 0,10	
C5	100	0,53 ± 0,09	^{ab}	0,39 ± 0,04	^{ab}	0,00 ± 0,01		0,74 ± 0,06		1,54 ± 0,14	^{ab}	3,97 ± 0,20	
C10	100	0,42 ± 0,02	^d	0,33 ± 0,02	^c	0,00 ± 0,00		0,78 ± 0,06		1,28 ± 0,11	^c	3,93 ± 0,16	
5	89	0,44 ± 0,04	^{cd}	0,32 ± 0,03	^c	0,00 ± 0,01		0,74 ± 0,05		1,25 ± 0,15	^c	3,85 ± 0,17	
6	87	0,50 ± 0,04	^{abcd}	0,38 ± 0,04	^{abc}	0,00 ± 0,00		0,78 ± 0,04		1,56 ± 0,10	^{ab}	4,01 ± 0,07	
7	85	0,53 ± 0,03	^{ab}	0,41 ± 0,03	^{ab}	0,00 ± 0,00		0,77 ± 0,05		1,64 ± 0,14	^{ab}	4,02 ± 0,14	
8	83	0,47 ± 0,03	^{bcd}	0,36 ± 0,03	^{bc}	0,00 ± 0,00		0,77 ± 0,03		1,49 ± 0,10	^{bc}	4,10 ± 0,16	
9	81	0,52 ± 0,04	^{abc}	0,41 ± 0,03	^{ab}	0,00 ± 0,01		0,78 ± 0,03		1,64 ± 0,11	^{ab}	4,04 ± 0,09	
10	78	0,47 ± 0,04	^{bcd}	0,36 ± 0,03	^{bc}	0,00 ± 0,00		0,78 ± 0,04		1,42 ± 0,12	^{bc}	3,93 ± 0,09	

Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$. C: Control.

Tabla 41. Efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre la calidad de los caramelos de fresa optimizados.

	0%		5%		10%	
	M	D	M	D	M	D
Humedad	19,0	± 0,49	19,1	± 0,00	18,9	± 0,38
°Brix	80,9	± 0,10	80,8	± 0,19	80,9	± 0,31
a_w	0,64	± 0,00	0,63	± 0,00	0,63	± 0,00
pH	3,22	± 0,00	3,26	± 0,02	3,34	± 0,07
Acidez titulable	1,08	± 0,02	1,08	± 0,00	1,16	± 0,15
Luminosidad	36,4	± 0,32	34,4	± 0,69	33,4	± 0,59
Rojo-verde a*	35,3	± 1,48	37,3	± 1,29	29,2	± 2,25
Amarillo-azul b*	10,8	± 0,81	11,0	± 0,93	5,88	± 1,52
Croma	36,9	± 1,64	38,9	± 1,49	29,8	± 2,48
°Hue	17,0	± 0,56	16,5	± 0,81	11,2	± 2,17
Dureza	1,30	± 0,06	1,21	± 0,01	1,17	± 0,10
Gomosidad	0,98	± 0,04	0,89	± 0,02	0,78	± 0,06
Adhesividad	0,00	± 0,01	-0,01	± 0,01	-0,01	± 0,01
Cohesividad	0,75	± 0,01	0,74	± 0,01	0,67	± 0,04
Masticabilidad	4,06	± 0,20	3,64	± 0,13	3,08	± 0,27
Elasticidad	4,15	± 0,06	4,09	± 0,12	3,96	± 0,06

Medias situadas en la misma línea con diferentes superíndices son diferentes para p<0,05.

Tabla 42. Efecto de la dosis de concentrado de uva blanca sobre la calidad sensorial de los caramelos de fresa optimizados.

	0%		5%		10%	
	M	D	M	D	M	D
Color rojo (de vivo a oscuro)	3,20	± 0,14 ^b	3,59	± 0,41 ^{ab}	3,97	± 0,08 ^a
Sabor fresa	3,02	± 0,12 ^a	2,65	± 0,20 ^b	2,61	± 0,25 ^b
Sabor ácido	2,59	± 0,08	2,59	± 0,16	2,60	± 0,25
Sabor dulce	2,87	± 0,16 ^b	3,28	± 0,12 ^a	3,27	± 0,13 ^a
Sabor mosto	1,60	± 0,19 ^b	2,35	± 0,22 ^a	2,51	± 0,35 ^a
Tiempo recuperación (inverso elasticidad)	2,39	± 0,30 ^b	3,23	± 0,63 ^a	3,37	± 0,15 ^a
Dureza táctil	3,58	± 0,33 ^a	2,76	± 0,60 ^b	2,56	± 0,15 ^b
Dureza boca	3,28	± 0,37 ^a	2,50	± 0,36 ^b	2,43	± 0,19 ^b
Gomosidad	3,07	± 0,32	2,72	± 0,28	2,74	± 0,25
Masticabilidad	3,22	± 0,21 ^a	2,66	± 0,19 ^b	2,89	± 0,17 ^b
Adhesividad	3,01	± 0,23 ^a	2,62	± 0,23 ^b	2,61	± 0,17 ^b

Medias situadas en la misma línea con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$.

5.2. ENSAYO 2: SUSTITUCIÓN DE COLORANTES AZOICOS POR COLORANTES NATURALES.

5.2.1. Efectos sobre el color de los caramelos de goma.

En este ensayo, se sustituyeron los dos colorantes artificiales (rojo Allura E-129 y Tartracina E-102) utilizados en la empresa colaboradora para elaborar los caramelos de goma con diversos formatos frutales por colorantes naturales equivalentes; (i): fresa y frambuesa: rojo Cochinilla E-120 y extractos vegetales (Natracol strawberry); (ii) naranja y melocotón: Curcumina E-100, Oleoresina de pimentón E-160C (capsantina) y extractos vegetales. Se realizaron diversas pruebas preliminares para establecer las dosis y combinaciones más idóneas de los diferentes colorantes naturales objeto de estudio, con el fin de obtener colores equivalentes a los colorantes artificiales. Entre las combinaciones posibles, se seleccionaron como equivalentes las mostradas en la **tabla 43**, que corresponden a disoluciones acuosas de colorantes.

Tabla 43. Combinaciones acuosas de colorantes naturales equivalentes a los colorantes artificiales usados en los caramelos de goma.

FORMATO	ORIGINAL	COMBINACIÓN 1	COMBINACIÓN 2	COMBINACIÓN 3
Fresa	R.Allura 0,025%	R.Cochinilla 0,05%	Ext. Vegetales 0,25%	-----
Frambuesa	R.Allura 0,010%	R.Cochinilla 0,02%	Ext. Vegetales 0,1%	-----
Naranja	Tartracina 0,0027%	Curcumina 0,013%	Curcumina	Oleoresina
	+ R.Allura 0,0006%	+ R.Cochinilla 0,003%	0,022% + Ext. Vegetales 0,063%	0,05%
Melocotón	Tartracina 0,0010%	Curcumina 0,002%	Curcumina 0,004%	Oleoresina
	+ R.Allura 0,00022%	+ R.Cochinilla 0,0006%	+ Ext.vegetales 0,011%	0,01%

Una vez conseguidas las disoluciones acuosas de colorantes naturales se procedió a introducirlas en la formulación de los caramelos de goma. La **tabla 44** muestra el efecto de los colorantes sobre el color de los caramelos de goma almacenados con luz natural durante 7 días. Para el caramelo de fresa, los colorantes naturales empleados mostraron diferencias en la tonalidad roja y amarilla con respecto del colorante artificial. Los caramelos coloreados con rojo Cochinilla resultaron tener una tonalidad roja y amarilla menos intensa que los caramelos coloreados con rojo Allura. Lo mismo ocurrió con el extracto vegetal, el cual proporcionó unos caramelos menos rojos y más amarillos. En cambio, no se observaron diferencias de luminosidad entre los distintos caramelos de fresa, pese a que este parámetro suele ser el que permite discriminar mejor las diferencias de color en estos productos.

Tabla 44. Efecto de los colorantes sobre el color de los caramelos de goma almacenados con luz natural durante 7 días.

Formato	Colorantes	L*	a*	b*	Croma	°Hue
		M±D	M±D	M±D	M±D	M±D
Fresa	RA	33,1±0,42	35,4±1,52 ^a	9,57±0,99 ^a	36,7±1,71 ^a	15,1±0,93 ^a
	RC	34,5±1,33	30,3±0,82 ^b	3,41±0,73 ^b	30,5±0,89 ^b	6,40±1,21 ^b
	EV	34,6±1,55	23,4±1,06 ^c	-0,62±0,86 ^c	23,4±1,06 ^c	-1,50±2,08 ^c
Frambuesa	RA	36,7±1,05 ^c	36,6±0,66 ^a	12,4±0,69 ^a	38,7±0,84 ^a	18,8±0,68 ^a
	RC	39,8±0,54 ^b	28,8±1,82 ^b	4,05±0,67 ^b	29,0±1,89 ^b	7,98±0,83 ^b
	EV	41,5±1,16 ^a	18,5±0,79 ^c	1,59±0,57 ^c	18,6±0,76 ^c	4,93±1,85 ^c
Naranja	T + RA	48,4±1,20 ^a	11,8±0,79 ^b	23,9±0,72 ^b	26,7±0,93 ^b	63,9±1,14 ^b
	C + RC	48,1±1,38 ^a	10,6±0,51 ^b	21,1±1,71 ^c	23,7±1,54 ^c	63,2±2,27 ^b
	C + EV	45,9±0,97 ^b	8,37±0,66 ^c	23,2±0,97 ^b	24,7±0,95 ^c	70,1±1,60 ^a
	O	46,0±1,54 ^b	15,8±1,71 ^a	25,9±0,60 ^a	30,3±1,23 ^a	58,7±2,52 ^c
Melocotón	T + RA	49,3±0,80 ^c	3,83±0,20 ^b	17,5±0,84 ^{ab}	17,9±0,79 ^a	77,6±1,10 ^c
	C+RC	51,6±1,23 ^{ab}	2,03±0,32 ^c	13,6±0,80 ^c	13,7±0,81 ^c	81,6±1,20 ^b
	C+EV	53,4±1,06 ^a	0,66±0,54 ^d	15,8±1,13 ^b	15,8±1,10 ^b	87,5±2,23 ^a
	O	50,3±2,32 ^{bc}	5,32±0,70 ^a	17,8±1,68 ^a	18,6±1,79 ^a	73,4±0,87 ^d

RA: rojo Allura, RC: rojo Cochinilla, EV: Ext. Vegetales, T: tratraquina, C: Curcumina, O: Oleorresina del pimentón. Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Algo similar sucedió con los caramelos de frambuesa coloreados con rojo Cochinilla, los cuales tuvieron una tonalidad menos roja y menos amarilla que los caramelos coloreados con rojo Allura, ya que el colorante natural proporciona una tonalidad roja algo más azulada o morada. Este efecto fue incluso mayor en caramelos de goma coloreados con los extractos vegetales, que presentaron un color menos rojizo y, por tanto, más alejado del producto original. Sin embargo, la luminosidad fue muy superior en los caramelos de frambuesa coloreados con extractos vegetales con respecto a los otros dos tipos de caramelos, probablemente debido al efecto oscurecedor de estos extractos. Conviene recordar que los colorantes empleados en los caramelos de fresa y frambuesa fueron los mismos, aunque a diferentes dosis, lo que podría explicar la similitud de los resultados obtenidos. En conjunto, si se tiene en cuenta el ángulo hue, la sustitución de rojo Allura por rojo Cochinilla no permitió reproducir el color rojizo original de los caramelos de fresa y frambuesa, y, por tanto, su empleo implica cierta modificación del color original del producto.

Para los caramelos de naranja, de las 3 combinaciones ensayadas, la mezcla de Curcumina y rojo Cochinilla aportó la misma luminosidad que la mezcla de Tartracina y rojo Allura, mientras que, tanto la combinación de Curcumina con extractos vegetales, como la oleoresina, proporcionaron una menor luminosidad a los caramelos. Se consiguió una tonalidad amarilla similar a la de las muestras control cuando se combinó la Curcumina con los extractos vegetales, mientras que la mezcla de Curcumina y rojo Cochinilla disminuyó la intensidad del amarillo. Por el contrario, se consiguieron caramelos de naranja incluso más amarillentos cuando se empleó oleoresina de pimentón. Por su parte, la tonalidad roja equivalente a los caramelos control se consiguió con la mezcla de Curcumina y rojo Cochinilla, mientras que la combinación de Curcumina y extractos vegetales disminuyó el enrojecimiento, mientras que la oleoresina intensificó la tonalidad rojiza de los caramelos de naranja. En conjunto, si se tiene en cuenta el ángulo hue, la mezcla de Curcumina y rojo Cochinilla fue la única que proporcionó un color naranja similar al proporcionado por la mezcla de Tartracina y rojo Allura, y, por tanto,

éstos pueden ser sustituidos sin apenas modificar el color de los caramelos de goma.

Los resultados obtenidos para los caramelos de melocotón fueron algo diferentes a los anteriores. Los caramelos de melocotón que presentaron un color más parecido al de las muestras control fueron los coloreados con oleorresina de pimentón. Indistintamente, la combinación de Curcumina con rojo Cochinilla o extractos vegetales aportaron una mayor luminosidad a estos caramelos, en comparación con la mezcla de Tartracina y rojo Allura, lo que indicaría que las diferencias de color fueron relevantes. Al comparar los valores del ángulo hue, se confirmó que las dos mezclas anteriores de colorantes naturales proporcionaron una tonalidad más amarillenta a estos caramelos, lo cual es coherente con el aumento de luminosidad observado. Por su parte, el empleo de oleorresina no afectó al valor de luminosidad y disminuyó ligeramente el ángulo hue en estos caramelos, lo que, a efectos prácticos, indica que se puede emplear oleorresina de pimentón en vez de la mezcla de Tartracina y rojo Allura sin apenas modificar el color de los caramelos de melocotón.

La **tabla 45** muestra el efecto de los colorantes sobre el color de los caramelos de goma almacenados en la oscuridad durante 7 días. Los resultados obtenidos fueron en general bastante similares a los del apartado anterior, con algunas diferencias, probablemente debidas a la no exposición a la luz. Los caramelos de fresa coloreados con rojo Cochinilla y con extractos vegetales se volvieron algo más luminosos que los caramelos coloreados con rojo Allura. Sin embargo, las tonalidades roja y amarilla parecieron disminuir cuando se usó rojo Cochinilla y en particular cuando se usaron extractos vegetales. Los resultados obtenidos de los caramelos de frambuesa fueron similares a los anteriores. La oscuridad intensificó el efecto de los colorantes rojo Cochinilla y los extractos vegetales sobre la luminosidad de estos caramelos.

Para los caramelos de naranja, la Curcumina y el rojo Cochinilla aportaron mayor luminosidad, mientras que la Curcumina combinada con los extractos vegetales y la oleorresina la disminuyeron. Se obtuvo una tonalidad amarilla similar

a la de los caramelos control con la mezcla de Curcumina y rojo Cochinilla, así como con los extractos vegetales, mientras que la oleoresina intensificó dicha tonalidad en los caramelos. La oleoresina además intensificó la tonalidad roja, mientras que, por el contrario, la combinación de Curcumina con rojo Cochinilla o con extractos vegetales la disminuyeron.

En los caramelos de melocotón, tanto la combinación de Curcumina y rojo Cochinilla, como la oleoresina incrementaron la luminosidad, mientras que la mezcla de Curcumina y extractos vegetales tuvo un efecto aún mayor. La tonalidad amarilla más parecida a la original se obtuvo con la mezcla de Curcumina y extractos vegetales y con la oleoresina, mientras que la combinación de Curcumina con rojo Cochinilla proporcionó una intensidad menor. La intensidad roja aumentó con la oleoresina, no así las otras combinaciones ensayadas, que tuvieron el efecto contrario.

Tabla 45. Efecto de los colorantes sobre el color de los caramelos de goma almacenados en la oscuridad durante 7 días.

Formato	Colorantes	L*	a*	b*	Croma	°Hue
		M±D	M±D	M±D	M±D	M±D
Fresa	RA	31,6±1,08 ^b	37,1±1,20 ^a	10,8±0,97 ^a	38,6±1,39 ^a	16,3±1,00 ^a
	RC	34,5±1,23 ^a	32,1±1,36 ^b	3,84±13,0 ^b	32,3±1,40 ^b	6,80±0,97 ^b
	EV	34,5±0,87 ^a	23,9±0,64 ^c	-0,64±0,57 ^c	23,9±0,63 ^c	-1,53±1,37 ^c
Frambuesa	RA	34,9±1,06 ^b	35,8±0,89 ^a	12,6±0,80 ^a	38,0±1,10 ^a	19,3±0,71 ^a
	RC	40,9±1,19 ^a	28,3±1,63 ^b	4,44±0,73 ^b	28,6±1,71 ^b	8,88±0,95 ^b
	EV	41,2±1,24 ^a	17,9±0,72 ^c	1,61±0,53 ^c	17,9±0,69 ^c	5,18±1,80 ^c
Naranja	T + RA	47,5±1,00 ^{ab}	12,5±0,95 ^b	24,5±1,26 ^b	27,5±1,45 ^b	62,9±1,31 ^b
	C + RC	48,2±1,27 ^a	10,6±0,85 ^{bc}	22,8±1,14 ^b	25,1±1,29 ^b	65,1±1,40 ^b
	C + EV	45,1±1,97 ^c	8,71±1,85 ^c	22,7±1,77 ^b	24,4±2,10 ^b	69,1±3,39 ^a
	O	45,8±1,21 ^{bc}	15,9±2,31 ^a	27,1±2,45 ^a	31,5±3,18 ^a	59,6±2,05 ^c
Melocotón	T + RA	47,4±1,54 ^c	4,44±0,32 ^b	17,9±1,28 ^a	18,5±1,20 ^a	76,0±1,65 ^c
	C+RC	51,0±1,93 ^b	1,53±0,38 ^c	14,9±0,60 ^b	15,0±0,58 ^b	84,1±1,62 ^b
	C+EV	53,4±1,49 ^a	0,21±0,36 ^d	17,8±0,94 ^a	17,8±0,94 ^a	89,1±1,05 ^a
	O	50,1±0,58 ^b	5,02±0,36 ^a	16,5±1,30 ^{ab}	17,2±1,33 ^a	73,0±0,67 ^d

RA: rojo Allura, RC: rojo Cochinilla, EV: Ext. Vegetales, T: tratraquina, C: Curcumina, O: Oleorresina del pimentón. Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

A la vista de lo anterior, parece posible sustituir los colorantes azoicos por productos naturales con el objeto de conseguir una gama de colores que van desde el amarillo hasta el rojo violeta en los caramelos de goma con distintos formatos frutales. Las tonalidades amarillas, naranjas, rojizas y azuladas no son exactamente las mismas, pero se pueden obtener productos con un color muy similar y característico de la fruta en cuestión. Coincidiendo con nuestros resultados, un estudio sobre geles de gelatina con colorantes naturales encontró que la concentración de colorantes rojo Cochinilla y Curcumina tuvieron una gran influencia sobre la luminosidad. Así, los geles se mostraron más luminosos a medida que la concentración de colorante disminuía (Calvo y salvador, 2000, 2002). Por otro lado, el ángulo Hue se incrementaba en función de la concentración de colorante rojo Cochinilla y una relación inversa fue establecida para la Curcumina. Según nuestros resultados, la Curcumina tuvo el mismo efecto, no así ocurrió con el rojo Cochinilla donde observamos el efecto contrario.

La **figura 17** muestra la gama de colores proporcionada por las distintas combinaciones de colorantes naturales y artificiales empleados en la formulación de los caramelos de goma. Adicionalmente, se realizó un test de comparación sensorial para evaluar la aportación de los colorantes naturales al aroma y el sabor de los diferentes caramelos de goma (**tabla 46**). Para los caramelos de fresa y frambuesa, el colorante rojo Cochinilla resultó ser la opción más compatible por no alterar el aroma y el sabor de los caramelos, mientras que los extractos vegetales aportaban cierto regusto que alteraba el aroma y sabor de los caramelos de fresa y frambuesa. Del mismo modo, para los caramelos de naranja y melocotón, el rojo Cochinilla combinado con la Curcumina representan la mejor opción por ser sensorialmente más neutros, a continuación, le siguió la oleorresina de pimentón y por último, la combinación de Curcumina con extractos vegetales, que fue la opción menos valorada por afectar el aroma y sabor de los caramelos de naranja y melocotón.

Figura 17. Gama de colores proporcionados por las combinaciones de colorantes naturales y artificiales (7 días de almacenamiento).















ORIGINAL	COMBINACIÓN 1	COMBINACIÓN 2	COMBINACIÓN 3
FRESA			
			
R.Allura	R.Cochinilla	Ext. Vegetales	
FRAMBUESA			
			
R.Allura	R.Cochinilla	Ext. Vegetales	
NARANJA			
			
Tartracina + R.Allura	Curcumina + R.Cochinilla	Curcumina + Ext. Vegetales	Oleoresina
MELOCOTÓN			
			
Tartracina + R.Allura	Curcumina + R.Cochinilla	Curcumina + Ext. Vegetales	Oleoresina

Tabla 46. Comparativa del aroma y sabor de los caramelos de goma elaborados con colorantes naturales y artificiales.

COLORANTE	FORMATO			
	Fresa	Frambuesa	Naranja	Melocotón
Rojo Cochinilla	***	***	-	-
Extractos vegetales	*	*	-	-
Curcumina + Rojo Cochinilla	-	-	***	***
Curcumina + Extractos Vegetales	-	-	*	*
Oleorresina de pimentón	-	-	**	**

***>**>* Grado de semejanza.

A dosis muy elevadas, la oleorresina puede proporcionar un típico sabor a pimienta (Hubbermann, 2016). La capsantina, extraída simultáneamente con la capsorubina, es la responsable del sabor a pimienta que aporta dicho colorante, por lo cual, es necesario controlar su dosis para evitar este defecto. Es por ello, que la oleorresina del pimentón se aplica con frecuencia en productos que requieren cierto condimento como salsas, adobos, mezclas de especias y revestimientos, aunque también se encuentra comúnmente en confecciones azucaradas (Kendrick, 2012). Los extractos de pimienta se preparan preferentemente a partir de variedades de *Capsicum* seleccionadas principalmente por su baja pungencia (Wrolstad y Culver, 2012), es por ello que no se detectó ninguna sensación picante en los caramelos.

5.2.2. Estabilidad del color de los caramelos durante el almacenamiento.

Para conocer la estabilidad de los colorantes naturales durante su almacenamiento y el efecto de las condiciones del mismo (con o sin luz) se realizó

un estudio de vida útil durante un periodo de 6 meses donde se evaluó el color de los caramelos de goma de distintos formatos frutales elaborados con colorantes artificiales y naturales. Las **tablas 47, 48, 49 y 50** muestran el efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color de los distintos caramelos de goma almacenados a temperatura ambiente e iluminados con luz natural. Con independencia de algunas fluctuaciones observadas a distintos tiempos de control, el valor de luminosidad, muy relacionado con los fenómenos de oscurecimiento por oxidación y deshidratación, fue relativamente estable en los caramelos de fresa elaborados con rojo Allura, rojo Cochinilla y extractos vegetales. Los valores de distintas coordenadas cromáticas también fluctuaron en el tiempo pero en general fueron bastante estables, con algunas excepciones al final del almacenamiento. Si se tienen en cuenta, por ejemplo, los valores de saturación o croma al inicio y al final del periodo de almacenamiento, se llega a la conclusión de que, con independencia del tipo de colorante empleado, el color de estos caramelos fue relativamente estable durante los seis primeros meses de almacenamiento en condiciones de exposición a la luz.

Como en el caso anterior, el color de los caramelos de frambuesa resultó también bastante estable en el tiempo. El valor de luminosidad apenas varió en estos caramelos elaborados con rojo Allura, rojo Cochinilla y extractos vegetales. En cambio, se pudo observar una disminución gradual en la saturación del color (menores valores de a^* y b^*) en los caramelos coloreados con rojo Allura, mientras que los caramelos de frambuesa coloreados con rojo Cochinilla y extractos vegetales mostraron unas propiedades cromáticas más estables a lo largo del almacenamiento, con lo cual, en este caso, no se cumplió la premisa de que los colorantes azoicos son más estables que sus equivalente naturales.

Los resultados obtenidos en los caramelos de naranja y melocotón, a priori más susceptibles a sufrir cambios de color por oscurecimiento, fueron algo diferentes a los del apartado anterior. También se apreciaron fluctuaciones a distintos tiempos de control en el valor de luminosidad y de las coordenadas cromáticas. El valor de luminosidad descendió a lo largo del almacenamiento en los caramelos elaborados con todas las combinaciones de colorantes ensayadas,

excepto en los caramelos coloreados con oleorresina de pimentón, donde permaneció estable. Del mismo modo, la saturación del color disminuyó en el tiempo para todas las combinaciones de colorantes ensayadas, excepto para las muestras coloreadas con oleorresina de pimentón.

En el caso de los caramelos de melocotón, el color más estable (valores más estables de luminosidad y de saturación) correspondió a las muestras coloreadas con la mezcla de Tartracina y rojo Allura. Así mismo, se observó una ligera decoloración al final del almacenamiento en los caramelos de melocotón coloreados con los tres tipos de productos naturales ensayados (Curcumina mas rojo Cochinilla, Curcumina mas extractos vegetales y oleorresina). Por tanto, el color proporcionado por la oleorresina sería algo menos estable en los caramelos de melocotón. En conjunto, se puede deducir que la oleorresina de pimentón y la mezcla de rojo Allura y Tartracina, fueron los colorantes que proporcionaron un color más apropiado a los caramelos de naranja y melocotón, respectivamente.

Tabla 47. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de fresa almacenados con luz natural.

Colorante	t	Luminosidad	Rojo-verde	Amarillo-	Croma	Tinte
		L*	a*	azul b*		
		M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
RA	0	33,1±0,43 ^{ab}	35,4±1,52 ^{abc}	9,58±0,99 ^{bc}	36,7±1,72 ^{bc}	15,1±0,93 ^c
	1	32,8±0,89 ^{ab}	38,1±3,76 ^{ab}	13,9±0,74 ^a	40,5±3,57 ^{ab}	20,2±2,13 ^a
	2	31,9±0,76 ^{bc}	39,6±2,23 ^a	13,8±1,76 ^a	41,9±2,68 ^a	19,2±1,35 ^{ab}
	3	32,8±0,92 ^{ab}	34,8±2,27 ^{bc}	8,70±1,98 ^c	35,9±2,64 ^{bc}	13,9±2,36 ^c
	4	30,4±0,81 ^c	36,0±2,02 ^{abc}	10,7±1,48 ^{bc}	37,6±2,34 ^{abc}	16,4±1,36 ^{bc}
	5	32,7±1,07 ^{ab}	37,1±2,15 ^{ab}	11,8±2,15 ^{ab}	39,0±2,66 ^{ab}	17,5±2,16 ^{abc}
	6	33,9±1,46 ^a	32,6±1,96 ^c	4,16±1,71 ^d	32,9±2,07 ^c	7,16±2,81 ^d
RC	0	34,5±1,33 ^a	30,3±0,81 ^b	3,41±0,73 ^{bc}	30,5±0,88 ^b	6,41±1,21 ^b
	1	33,9±1,62 ^{ab}	33,9±1,32 ^a	6,21±0,88 ^a	34,5±1,45 ^a	10,4±1,07 ^a
	2	34,1±1,51 ^{ab}	34,5±1,86 ^a	7,43±1,13 ^a	35,3±2,06 ^a	12,2±1,15 ^a
	3	33,6±1,91 ^{ab}	32,4±2,12 ^{ab}	5,56±1,09 ^{ab}	32,9±2,25 ^{ab}	9,68±1,36 ^a
	4	31,7±1,68 ^b	31,6±1,37 ^{ab}	6,55±1,16 ^a	32,3±1,56 ^{ab}	11,6±1,63 ^a
	5	33,5±1,19 ^{ab}	32,6±2,17 ^{ab}	7,38±1,10 ^a	33,5±2,35 ^{ab}	12,7±1,05 ^a
	6	34,0±0,50 ^{ab}	30,1±1,58 ^b	2,81±1,85 ^c	30,3±1,71 ^b	5,20±3,30 ^b
EV	0	34,6±1,54	23,4±1,06 ^{ab}	-0,62±0,86 ^d	23,4±1,07 ^{ab}	-1,49±2,08 ^d
	1	34,7±1,18	25,6±1,53 ^{ab}	1,77±1,16 ^{bc}	25,7±1,60 ^{ab}	3,84±2,34 ^{bc}
	2	34,3±1,62	25,7±2,08 ^a	2,97±1,62 ^{ab}	25,9±2,25 ^a	6,38±3,08 ^{ab}
	3	34,5±1,58	23,5±1,59 ^{ab}	1,84±1,20 ^{bc}	23,6±1,68 ^{ab}	4,36±2,58 ^{bc}
	4	33,0±1,56	22,9±1,80 ^b	2,96±1,51 ^{ab}	23,1±1,95 ^{ab}	7,17±3,33 ^{ab}
	5	34,6±1,06	24,7±1,16 ^{ab}	4,67±1,01 ^a	25,1±1,32 ^{ab}	10,6±1,78 ^a
	6	35,1±0,87	22,9±0,97 ^b	0,52±0,34 ^{cd}	22,9±0,97 ^b	1,34±0,91 ^{cd}

RA: rojo Allura, RC: rojo Cochinilla, EV: Ext. Vegetales. Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Tabla 48. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de frambuesa almacenados con luz natural.

Colorante	t	Luminosidad	Rojo-verde	Amarillo-	Croma	Tinte
		L*	a*	azul b*		
		M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
RA	0	36,7±1,05 ^a	36,6±0,66 ^{ab}	12,4±0,69 ^{ab}	38,6±0,85 ^{abc}	18,7±0,68 ^{bc}
	1	35,1±1,02 ^{ab}	37,1±1,09 ^a	13,9±0,99 ^a	39,6±1,37 ^a	20,5±0,80 ^{ab}
	2	35,5±0,58 ^{ab}	36,9±0,74 ^a	14,0±0,85 ^a	39,5±0,96 ^{ab}	20,8±0,86 ^a
	3	35,5±0,69 ^{ab}	34,6±0,89 ^{bc}	11,9±0,71 ^b	36,6±1,07 ^{cd}	19,0±0,61 ^{abc}
	4	34,2±0,94 ^b	34,0±1,03 ^c	11,0±0,91 ^b	35,8±1,25 ^d	17,9±0,94 ^c
	5	34,5±0,82 ^b	34,6±1,69 ^{bc}	12,5±1,21 ^{ab}	36,8±1,99 ^{bcd}	19,8±0,97 ^{abc}
	6	36,3±1,30 ^a	31,2±1,89 ^d	5,51±1,37 ^c	31,7±2,10 ^e	9,90±1,85 ^d
RC	0	39,8±0,54 ^a	28,8±1,82	4,05±0,68 ^c	29,0±1,90	7,98±0,83 ^e
	1	38,3±0,94 ^{abc}	29,8±1,12	5,84±0,62 ^{bc}	30,3±1,21	11,1±0,79 ^{cd}
	2	38,6±1,02 ^{ab}	29,7±2,59	7,37±1,30 ^{ab}	30,6±2,82	13,8±1,27 ^{abc}
	3	36,9±1,57 ^{bc}	29,4±1,76	7,13±1,25 ^{ab}	30,2±1,99	13,6±1,54 ^{bc}
	4	37,2±1,70 ^{bc}	28,9±0,92	7,46±1,19 ^{ab}	29,8±1,17	14,4±1,79 ^{ab}
	5	36,3±1,27 ^c	29,1±1,69	8,85±0,91 ^a	30,4±1,85	16,9±0,96 ^a
	6	37,9±0,82 ^{abc}	28,2±2,15	4,13±1,90 ^c	28,6±2,41	8,09±3,10 ^{de}
EV	0	41,5±1,15 ^{ab}	18,5±0,79	1,59±0,57 ^d	18,6±0,76	4,93±1,86 ^d
	1	41,6±1,75 ^{ab}	19,2±1,18	4,08±0,86 ^c	19,6±1,17	12,0±2,57 ^c
	2	42,0±1,03 ^a	18,0±1,31	5,79±0,94 ^b	18,9±1,19	17,9±3,31 ^b
	3	40,0±1,25 ^{abc}	17,8±0,90	6,40±0,93 ^b	19,0±0,92	19,7±2,77 ^b
	4	39,6±1,43 ^{bc}	17,6±0,84	7,29±0,61 ^{ab}	19,07±0,73	22,5±2,21 ^{ab}
	5	39,1±0,98 ^c	17,3±1,28	8,78±0,91 ^a	19,4±1,26	26,9±2,74 ^a
	6	39,4±0,90 ^{bc}	17,6±1,03	3,25±0,99 ^c	17,9±1,08	10,4±2,93 ^c

RA: rojo Allura, RC: rojo Cochinilla, EV: Ext. Vegetales. Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Tabla 49. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de naranja, almacenados con luz natural.

Colorante	t	Luminosidad	Rojo-verde	Amarillo-azul	Croma	Tinte
		L*	a*	b*	M±SD	M±SD
T +RA	0	48,4±1,20 ^{ab}	11,8±0,79 ^c	24,0±0,72 ^a	26,7±0,92 ^a	63,9±1,14 ^a
	1	49,2±0,91 ^a	12,5±0,80 ^{bc}	25,5±0,96 ^a	28,4±1,16 ^a	63,8±0,93 ^a
	2	43,6±1,15 ^d	13,7±0,75 ^{ab}	25,1±0,69 ^a	28,6±0,59 ^a	61,3±1,67 ^a
	3	42,8±1,50 ^d	13,3±0,95 ^{ab}	19,5±2,06 ^b	23,7±1,87 ^b	55,6±3,05 ^b
	4	46,1±1,05 ^c	13,0±0,72 ^{bc}	24,6±1,46 ^a	27,9±1,43 ^a	62,1±1,62 ^a
	5	47,1±1,16 ^{bc}	12,6±0,89 ^{bc}	25,5±1,68 ^a	28,5±1,66 ^a	63,6±1,83 ^a
	6	46,1±0,93 ^c	14,7±0,78 ^a	16,5±2,60 ^c	22,2±1,62 ^b	47,9±5,73 ^c
C +RC	0	48,1±1,38 ^a	10,6±0,51 ^e	21,2±1,71 ^a	23,7±1,54 ^{ab}	63,2±2,26 ^a
	1	48,6±1,68 ^a	12,3±0,41 ^d	21,8±1,27 ^a	25,0±1,13 ^{ab}	60,4±1,68 ^{ab}
	2	42,4±1,87 ^{cd}	13,6±0,72 ^c	19,8±1,68 ^a	24,0±1,41 ^{ab}	55,3±2,85 ^b
	3	40,6±1,72 ^d	13,6±0,78 ^c	14,4±1,70 ^b	19,9±1,44 ^c	46,5±3,55 ^c
	4	43,6±1,62 ^{bc}	14,3±0,68 ^{bc}	19,9±2,34 ^a	24,6±2,01 ^{ab}	54,0±3,21 ^b
	5	45,3±0,96 ^b	15,0±0,78 ^b	21,8±1,17 ^a	26,4±1,11 ^a	55,5±1,86 ^b
	6	42,7±0,57 ^{bcd}	17,3±0,71 ^a	14,2±3,57 ^b	22,5±2,58 ^{bc}	38,7±6,74 ^d
C +EV	0	45,9±0,97 ^a	8,37±0,66 ^c	23,2±0,97 ^a	24,6±0,95 ^a	70,1±1,61 ^a
	1	47,0±1,09 ^a	9,40±0,76 ^{ab}	22,7±2,87 ^a	24,6±2,65 ^a	67,3±3,14 ^a
	2	40,4±1,53 ^c	9,60±1,00 ^{bc}	19,6±2,29 ^a	21,9±2,15 ^{ab}	63,8±3,37 ^{ab}
	3	39,5±1,20 ^c	9,67±1,21 ^{bc}	14,2±3,51 ^b	17,4±2,66 ^c	54,8±8,89 ^b
	4	42,8±0,78 ^b	10,8±1,21 ^b	21,6±1,12 ^a	24,1±1,30 ^a	63,5±2,44 ^{ab}
	5	45,7±1,29 ^a	10,36±0,95 ^b	20,7±2,48 ^a	23,2±2,38 ^a	63,2±2,90 ^{ab}
	6	42,8±0,71 ^b	13,6±0,38 ^a	12,2±2,96 ^b	18,4±1,97 ^{bc}	41,3±6,89 ^c
O	0	45,9±1,54 ^{ab}	15,8±1,71	25,8±0,60 ^b	30,3±1,22 ^b	58,7±2,52 ^{ab}
	1	47,5±1,60 ^a	16,4±2,03	26,2±2,66 ^b	30,9±2,70 ^{ab}	57,9±3,67 ^{ab}
	2	40,9±0,76 ^c	16,4±2,13	22,7±1,83 ^{bc}	28,0±2,68 ^{bc}	54,2±1,77 ^{bc}
	3	39,9±0,74 ^c	15,9±1,19	18,5±1,74 ^c	24,4±0,95 ^c	49,2±4,39 ^{cd}
	4	44,5±2,31 ^b	16,9±1,87	26,9±3,24 ^{ab}	31,8±3,59 ^{ab}	57,8±1,88 ^{ab}
	5	45,9±1,40 ^{ab}	17,2±1,41	30,8±3,52 ^a	35,4±3,69 ^a	60,8±1,41 ^a
	6	43,9±1,87 ^b	18,5±1,86	20,8±2,34 ^c	27,9±2,62 ^{bc}	48,3±3,00 ^d

T: tratraquina, RA: rojo Allura, C: Curcumina, RC: rojo Cochinilla, EV: Ext. Vegetales O: Oleorresina del pimentón. Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Tabla 50. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de melocotón, almacenados con luz natural.

Colorante	t	Luminosidad	Rojo-verde	Amarillo-	Croma	Tinte
		L*	a*	azul b*		
		M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
T +RA	0	49,3±0,79 ^a	3,83±0,19 ^d	17,5±0,84 ^{cd}	17,9±0,79 ^{cd}	77,6±1,10 ^{ab}
	1	50,4±0,87 ^a	3,97±0,41 ^d	19,4±0,76 ^{bc}	19,8±0,73 ^{bc}	78,4±1,29 ^a
	2	45,1±0,78 ^c	5,20±0,39 ^c	19,1±0,81 ^{bc}	19,8±0,75 ^{bc}	74,7±1,44 ^b
	3	43,5±0,81 ^c	5,84±0,20 ^b	16,1±1,08 ^d	17,2±0,99 ^d	70,0±1,60 ^c
	4	47,2±0,79 ^b	5,21±0,28 ^c	19,9±1,29 ^b	20,5±1,21 ^b	75,2±1,44 ^b
	5	49,2±1,41 ^a	4,99±0,39 ^c	22,7±2,17 ^a	23,2±2,08 ^a	77,4±1,81 ^{ab}
	6	48,7±1,61 ^{ab}	9,12±0,28 ^a	13,2±1,26 ^e	16,1±1,09 ^d	55,3±2,51 ^d
C +RC	0	51,6±1,23 ^a	2,02±0,32 ^e	13,6±0,80 ^{cd}	13,7±0,81 ^c	81,5±1,20 ^a
	1	52,1±1,38 ^a	3,11±0,21 ^d	15,5±1,10 ^{bcd}	15,8±1,07 ^{bc}	78,6±1,20 ^a
	2	46,2±1,43 ^{bc}	4,69±0,32 ^c	15,0±0,80 ^{bcd}	15,8±0,78 ^{bc}	72,6±1,33 ^b
	3	44,5±1,64 ^c	5,56±0,49 ^b	13,2±0,29 ^d	14,3±0,34 ^c	67,1±1,82 ^c
	4	46,8±0,92 ^{bc}	5,81±0,52 ^b	17,2±2,10 ^{ab}	18,2±2,09 ^{ab}	71,2±1,67 ^b
	5	48,0±1,73 ^b	6,26±0,50 ^b	19,5±1,60 ^a	20,5±1,60 ^a	72,2±1,41 ^b
	6	45,8±1,85 ^{bc}	10,0±0,42 ^a	16,0±2,36 ^{bc}	18,9±2,04 ^a	57,6±3,88 ^d
C +EV	0	53,4±1,06 ^a	0,66±0,54 ^e	15,8±1,14 ^c	15,8±1,10 ^c	87,5±2,23 ^a
	1	53,9±1,19 ^a	1,17±0,20 ^e	16,9±1,34 ^{bc}	16,9±1,34 ^{bc}	86,0±0,70 ^a
	2	49,3±1,34 ^{bc}	2,50±0,28 ^d	17,1±1,25 ^{bc}	17,3±1,21 ^{bc}	81,6±1,29 ^b
	3	47,6±0,78 ^c	3,57±0,36 ^c	15,5±1,24 ^c	15,9±1,18 ^c	76,9±1,95 ^c
	4	49,4±1,57 ^{bc}	3,62±0,21 ^c	18,7±1,14 ^{ab}	19,1±1,12 ^{ab}	79,0±0,88 ^{bc}
	5	50,3±1,35 ^b	4,47±0,38 ^b	20,7±1,76 ^a	21,2±1,71 ^a	77,7±1,49 ^c
	6	49,2±1,56 ^{bc}	7,69±0,51 ^a	17,5±1,27 ^{bc}	19,1±1,04 ^{ab}	66,2±2,74 ^d
O	0	50,3±2,32 ^a	5,32±0,70 ^c	17,8±1,68 ^{bc}	18,6±1,79 ^c	73,4±0,87 ^a
	1	50,3±1,97 ^a	6,18±0,71 ^{bc}	19,4±1,25 ^{bc}	20,4±1,35 ^{bc}	72,4±1,36 ^a
	2	46,0±0,99 ^{bc}	6,84±0,98 ^{bc}	18,7±1,12 ^{bc}	19,9±1,39 ^{bc}	70,0±1,52 ^{ab}
	3	44,8±1,38 ^c	7,40±1,14 ^b	16,8±0,51 ^c	18,4±0,52 ^c	66,2±3,56 ^b
	4	47,4±1,52 ^{abc}	7,36±1,28 ^b	20,5±1,44 ^{ab}	21,8±1,74 ^{ab}	70,4±2,14 ^{ab}
	5	48,8±1,95 ^{ab}	7,71±0,96 ^b	22,9±2,24 ^a	24,2±2,01 ^a	71,2±3,24 ^{ab}
	6	46,3±1,02 ^{bc}	11,5±1,39 ^a	17,7±2,50 ^{bc}	21,2±2,16 ^{abc}	56,7±5,22 ^c

T: traticina, RA: rojo Allura, C: Curcumina, RC: rojo Cochinilla, EV: Ext. Vegetales O: Oleorresina del pimentón. Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Las **tablas 51, 52, 53 y 54** muestran el efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color de los diferentes caramelos de goma mantenidos en la oscuridad, tal como sucedería en un embalaje de cartón. Como puede comprobarse, en general, los resultados obtenidos difieren poco de los anteriores. El valor de luminosidad de los caramelos de fresa podría considerarse estable con independencia de los colorantes empleados. Lo más destacable fue que la saturación del color rojo fue algo más estable al emplear rojo Cochinilla que al emplear rojo Allura o extractos vegetales. El valor de luminosidad disminuyó ligeramente en los caramelos de frambuesa coloreados con rojo Cochinilla y extractos vegetales, y se mantuvo más o menos estable en los caramelos de frambuesa coloreados con rojo Allura. En cambio, la saturación del color rojo aumentó ligeramente con el tiempo solo en los dos primeros, lo que sugiere que estos caramelos parecen perder parte de su tonalidad azul o morada conforme se van degradando los colorantes.

A diferencia de las muestras almacenadas bajo iluminación, el valor de luminosidad fue bastante estable aunque con fluctuaciones en los caramelos de naranja elaborados con todas las combinaciones de colorantes ensayadas, excepto en los caramelos coloreados con rojo Cochinilla, cuya luminosidad final fue algo más baja. Por su parte, la saturación del color solo disminuyó en el tiempo en los caramelos coloreados con una mezcla de Tartracina y rojo Allura y permaneció más o menos estable para el resto de combinaciones de colorantes ensayadas. Algo similar sucedió en los caramelos de melocotón. El valor de luminosidad fue estable para las cuatro formulaciones de colorantes, mientras que la saturación del color permaneció estable aunque con fluctuaciones en los caramelos de melocotón coloreados con Tartracina y rojo Allura y con Curcumina y rojo Cochinilla, en cambio, se produjo una disminución de este valor en las muestras coloreadas con extractos vegetales y oleoresina de pimentón.

Tabla 51. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de fresa almacenados en oscuridad.

Colorante	t	Luminosidad	Rojo-verde	Amarillo-	Croma	Tinte
		L*	a*	azul b*		
		M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
RA	0	36,6±1,08 ^b	37,1±1,20 ^b	10,8±0,97 ^b	38,6±1,39 ^b	16,3±1,00 ^b
	1	32,8±1,17 ^{ab}	40,9±2,54 ^a	14,6±2,27 ^a	43,5±3,16 ^a	19,5±1,67 ^a
	2	30,3±0,43 ^{bc}	34,5±0,91 ^b	8,31±0,81 ^{cde}	35,5±1,01 ^{bc}	13,5±1,09 ^{cd}
	3	28,6±0,60 ^c	31,3±0,75 ^c	6,98±0,87 ^{de}	32,1±0,88 ^c	12,5±1,31 ^d
	4	32,6±1,30 ^{ab}	35,1±1,80 ^b	9,16±1,25 ^{bcd}	36,3±2,06 ^b	14,57±1,20 ^{bcd}
	5	34,3±2,33 ^a	36,0±2,27 ^b	10,0±1,39 ^{bc}	37,4±2,55 ^b	15,5±1,21 ^{bc}
	6	32,7±2,01 ^{ab}	37,5±1,43 ^b	6,06±1,36 ^e	38,0±1,57 ^b	9,12±1,83 ^e
RC	0	34,5±1,23 ^a	32,1±1,36 ^{ab}	3,84±0,66 ^b	32,3±1,40 ^{ab}	6,80±0,97 ^c
	1	33,6±1,05 ^a	35,2±1,74 ^a	6,77±1,15 ^a	35,8±1,93 ^a	10,8±1,26 ^a
	2	30,9±1,32 ^{bc}	31,8±1,46 ^{ab}	4,53±0,76 ^{ab}	32,2±1,56 ^{ab}	8,06±0,98 ^{abc}
	3	29,4±1,17 ^c	29,8±0,91 ^b	4,51±0,45 ^{ab}	30,1±0,96 ^b	8,58±0,60 ^{abc}
	4	32,7±0,87 ^{ab}	32,7±1,41 ^{ab}	5,99±0,73 ^{ab}	33,2±1,52 ^{ab}	10,3±0,77 ^{ab}
	5	33,1±1,47 ^{ab}	31,9±2,39 ^{ab}	6,05±1,36 ^{ab}	32,5±2,60 ^{ab}	10,6±1,55 ^a
	6	33,7±1,81 ^a	32,8±4,46 ^{ab}	4,28±2,47 ^b	33,1±4,62 ^{ab}	6,90±4,27 ^{bc}
EV	0	34,5±0,87 ^a	23,9±0,64 ^{abcd}	-0,64±0,57 ^c	24,0±0,64 ^{abcd}	-1,53±1,37 ^e
	1	35,4±1,49 ^a	26,3±1,15 ^a	2,24±0,70 ^b	26,4±1,20 ^a	4,8±1,34 ^{bc}
	2	33,4±1,68 ^a	21,8±0,64 ^{cd}	0,34±0,28 ^c	21,8±0,64 ^{cd}	0,88±0,71 ^{de}
	3	30,5±1,02 ^b	21,0±0,98 ^d	1,00±0,62 ^{bc}	21,1±1,01 ^d	2,66±1,55 ^{cd}
	4	34,3±1,06 ^a	22,8±0,90 ^{bcd}	2,63±0,55 ^b	23,0±0,95 ^{bcd}	6,54±1,16 ^{ab}
	5	34,5±1,28 ^a	24,6±2,19 ^{abc}	4,36±1,59 ^a	25,0±2,40 ^{abc}	9,79±2,96 ^a
	6	33,5±1,69 ^a	25,0±3,28 ^{ab}	2,24±1,26 ^b	25,1±3,37 ^{ab}	4,90±2,33 ^{bc}

RA: rojo Allura, RC: rojo Cochinilla, EV: Ext. Vegetales. Medias situadas en la misma columna con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Tabla 52. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de frambuesa almacenados en oscuridad.

Colorante	t	Luminosidad	Rojo-verde	Amarillo-	Croma	Tinte
		L*	a*	azul b*		
		M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
RA	0	34,9±1,06 ^{abc}	35,9±0,89 ^{ab}	12,6±0,80 ^{ab}	38,0±1,10 ^{ab}	19,3±0,71 ^{ab}
	1	36,4±1,56 ^a	38,7±1,56 ^a	15,5±1,73 ^a	41,7±2,09 ^a	21,8±1,42 ^a
	2	33,0±0,56 ^{cd}	34,0±1,80 ^b	10,2±1,36 ^{bc}	35,5±2,11 ^b	16,6±1,33 ^{bc}
	3	30,7±0,54 ^d	29,7±1,65 ^c	7,67±1,35 ^c	30,6±1,92 ^c	14,4±1,74 ^c
	4	33,6±0,73 ^{bc}	36,3±1,22 ^{ab}	13,4±1,47 ^{ab}	38,7±1,63 ^{ab}	20,2±1,47 ^{ab}
	5	36,1±1,32 ^a	34,9±2,57 ^b	12,5±2,60 ^{ab}	37,1±3,29 ^b	19,5±2,49 ^{ab}
	6	35,6±2,38 ^{ab}	36,6±2,50 ^{ab}	9,95±2,95 ^{bc}	37,9±3,15 ^{ab}	15,0±3,39 ^c
RC	0	40,9±1,20 ^a	28,3±1,63 ^{bc}	4,44±0,73 ^d	28,6±1,72 ^c	8,88±0,95 ^d
	1	40,6±1,46 ^a	30,4±1,50 ^{ab}	6,92±0,75 ^{bc}	31,2±1,62 ^{abc}	12,8±0,81 ^{bc}
	2	37,3±1,98 ^b	28,6±1,50 ^{bc}	5,49±1,26 ^{cd}	29,2±1,69 ^{bc}	10,8±1,94 ^{cd}
	3	34,2±2,03 ^c	27,4±2,31 ^c	5,91±2,06 ^{cd}	28,0±2,67 ^c	11,9±3,24 ^{cd}
	4	36,9±1,72 ^{bc}	29,2±1,73 ^{abc}	8,56±1,37 ^{ab}	30,4±2,01 ^{abc}	16,3±1,68 ^{ab}
	5	36,4±1,22 ^{bc}	30,8±0,89 ^{ab}	9,84±1,23 ^a	32,4±1,17 ^{ab}	17,6±1,69 ^a
	6	35,3±1,11 ^{bc}	31,9±1,49 ^a	7,72±1,46 ^{abc}	32,8±1,77 ^a	13,5±1,91 ^{bc}
EV	0	41,2±1,24 ^{ab}	17,9±0,72 ^{bc}	1,61±0,53 ^d	17,9±0,69 ^{bc}	5,18±1,81 ^e
	1	42,5±1,13 ^a	19,4±0,83 ^{ab}	4,60±0,68 ^c	20,0±0,69 ^a	13,4±2,35 ^{cd}
	2	37,7±1,06 ^c	16,9±0,97 ^{cd}	2,51±0,83 ^d	17,1±0,95 ^{cd}	8,46±2,86 ^{de}
	3	34,3±1,36 ^d	15,8±0,89 ^d	2,56±0,94 ^d	16,1±0,86 ^d	9,21±3,47 ^{de}
	4	39,1±1,44 ^{bc}	18,3±0,80 ^{abc}	6,66±0,85 ^b	19,5±0,76 ^{ab}	20,1±2,63 ^{ab}
	5	40,0±1,20 ^{bc}	18,7±0,97 ^{ab}	8,6±1,02 ^a	20,6±1,06 ^a	24,7±2,60 ^a
	6	39,9±1,29 ^{bc}	19,6±0,95 ^a	6,43±1,82 ^{bc}	20,7±1,08 ^a	18,1±4,80 ^{bc}

RA: rojo Allura, RC: rojo Cochinilla, EV: Ext. Vegetales. Medias situadas en la misma columna con diferente superíndice son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

Tabla 53. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de naranja, almacenados en oscuridad.

Colorante	t	Luminosidad	Rojo-verde	Amarillo-azul	Croma	Tinte
		L*	a*	b*		
		M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
T +RA	0	47,5±1,00 ^{abc}	12,5±0,95 ^c	24,5±1,26 ^{ab}	27,5±1,45 ^{abc}	62,9±1,31 ^{ab}
	1	49,4±0,74 ^a	12,3±0,67 ^c	26,4±2,50 ^a	29,2±2,47 ^a	64,9±1,59 ^a
	2	43,0±1,66 ^e	13,3±0,69 ^{bc}	18,5±2,17 ^{cd}	22,9±1,56 ^d	54,1±4,21 ^c
	3	45,9±0,90 ^{cd}	13,5±0,45 ^{bc}	24,8±1,97 ^{ab}	28,3±1,79 ^{ab}	61,3±1,96 ^{ab}
	4	45,2±1,24 ^d	13,9±1,03 ^b	22,9±0,97 ^{abc}	26,8±1,14 ^{abcd}	58,7±1,78 ^{abc}
	5	48,5±0,78 ^{ab}	12,9±0,65 ^{bc}	19,9±5,20 ^{bcd}	23,9±4,52 ^{bcd}	56,1±6,42 ^{bc}
	6	46,6±1,21 ^{bcd}	16,5±0,44 ^a	16,7±2,95 ^d	23,6±2,08 ^{cd}	44,9±5,23 ^d
C +RC	0	48,2±1,27 ^a	10,6±0,85 ^c	22,8±1,14 ^a	25,1±1,29 ^a	65,1±1,40 ^a
	1	48,7±1,95 ^a	11,6±0,99 ^{bc}	24,8±0,97 ^a	27,4±0,69 ^a	64,9±2,51 ^a
	2	43,2±2,29 ^b	12,1±1,20 ^{bc}	18,3±1,88 ^c	21,9±1,74 ^b	56,5±3,67 ^b
	3	44,2±1,65 ^b	12,9±1,12 ^b	22,9±1,05 ^a	26,3±1,19 ^a	60,7±2,10 ^{ab}
	4	44,7±1,37 ^b	12,8±1,34 ^b	21,9±1,05 ^{ab}	25,4±1,11 ^a	59,7±3,00 ^{ab}
	5	46,3±1,98 ^{ab}	12,9±1,24 ^b	23,5±3,20 ^a	26,9±2,78 ^a	60,9±4,30 ^{ab}
	6	43,8±1,31 ^b	16,5±0,54 ^a	19,4±1,56 ^{bc}	25,5±1,08 ^a	49,4±2,76 ^c
C +EV	0	45,1±1,98 ^{ab}	8,71±1,85 ^b	22,7±1,77 ^{ab}	24,4±2,10 ^a	69,1±3,38 ^{ab}
	1	46,2±1,06 ^a	8,90±1,24 ^b	26,0±0,98 ^a	27,5±1,22 ^a	71,2±2,07 ^a
	2	41,9±0,85 ^c	8,50±1,10 ^b	18,1±1,93 ^c	20,0±1,91 ^b	64,7±3,17 ^b
	3	43,2±0,85 ^{bc}	9,20±0,62 ^b	23,6±1,44 ^{ab}	25,3±1,45 ^a	68,6±1,31 ^{ab}
	4	43,4±1,31 ^{bc}	9,40±1,19 ^b	22,2±1,40 ^b	24,1±1,44 ^a	67,0±2,69 ^{ab}
	5	44,9±0,86 ^{ab}	10,5±1,26 ^b	23,0±3,07 ^{ab}	25,3±3,27 ^a	65,5±1,15 ^b
	6	44,1±1,25 ^{abc}	13,1±0,81 ^a	21,2±2,69 ^{bc}	24,9±2,50 ^a	58,1±3,00 ^c
O	0	45,8±1,21 ^{ab}	15,9±2,31 ^b	27,1±2,45 ^a	31,5±3,18 ^{ab}	59,6±2,05 ^a
	1	48,2±0,86 ^a	16,3±2,46 ^{ab}	31,3±4,83 ^a	35,3±5,35 ^a	62,5±1,43 ^a
	2	40,9±1,25 ^c	15,5±1,85 ^b	18,3±2,13 ^b	24,1±2,33 ^b	49,7±3,89 ^b
	3	45,4±1,75 ^{ab}	18,5±0,50 ^{ab}	25,0±2,40 ^{ab}	31,1±1,88 ^{ab}	53,4±2,83 ^b
	4	44,5±1,36 ^b	16,7±1,99 ^{ab}	27,9±3,26 ^a	32,6±3,56 ^a	59,1±2,51 ^a
	5	46,1±2,27 ^{ab}	16,8±2,17 ^{ab}	29,7±6,13 ^a	34,1±6,36 ^a	60,1±2,27 ^a
	6	44,3±1,53 ^b	19,9±1,89 ^a	27,5±3,01 ^a	34,0±3,32 ^a	54,1±2,15 ^b

T: traticina, RA: rojo Allura, C: Curcumina, RC: rojo Cochinilla, EV: Ext. Vegetales O: Oleorresina del pimentón. Medias situadas en la misma columna con diferente superíndice son diferentes para p<0,05 (mismo color-sabor y formato).

Tabla 54. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color CIEL*a*b* de los caramelos de melocotón, almacenados en oscuridad.

Colorante	t	Luminosidad	Rojo-verde	Amarillo-azul	Croma	Tinte
		L*	a*	b*		
		M±SD	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
T +RA	0	47,4±1,54 ^b	4,44±0,32 ^f	18,0±1,28 ^{bcd}	18,5±1,20 ^{bc}	76,0±1,65 ^a
	1	50,2±1,16 ^a	4,98±0,28 ^e	19,8±0,97 ^{ab}	20,4±0,91 ^b	75,8±1,24 ^a
	2	42,8±1,44 ^c	6,56±0,37 ^c	18,0±1,47 ^{bc}	19,2±1,32 ^{bc}	69,9±2,11 ^c
	3	43,4±1,12 ^c	7,09±0,25 ^b	15,5±1,13 ^d	17,0±1,04 ^c	65,3±1,77 ^d
	4	47,2±0,86 ^b	6,55±0,20 ^c	22,0±1,12 ^a	23,0±1,10 ^a	73,4±0,75 ^{ab}
	5	50,6±0,96 ^a	5,89±0,22 ^d	18,9±1,94 ^{bc}	19,8±1,90 ^b	72,6±1,40 ^{bc}
	6	48,5±0,97 ^{ab}	10,4±0,27 ^a	17,2±1,24 ^{cd}	20,1±0,99 ^b	58,9±2,30 ^e
C +RC	0	51,0±1,93 ^{ab}	1,53±0,38 ^d	15,0±0,61 ^c	15,0±0,58 ^d	84,1±1,62 ^a
	1	52,0±1,34 ^a	2,23±0,40 ^d	17,5±0,97 ^b	17,6±1,00 ^{bc}	82,8±1,10 ^a
	2	45,0±1,42 ^c	3,45±0,41 ^c	15,2±0,81 ^{bc}	15,5±0,77 ^{cd}	77,1±1,78 ^{bc}
	3	44,2±1,51 ^c	4,50±0,59 ^{bc}	15,4±0,83 ^{bc}	16,1±0,73 ^{bcd}	73,7±2,53 ^c
	4	49,6±2,06 ^{ab}	4,45±0,74 ^{bc}	20,1±0,67 ^a	20,6±0,66 ^a	77,5±2,07 ^b
	5	49,3±1,60 ^{ab}	5,13±0,58 ^b	20,0±1,59 ^a	20,7±1,56 ^a	75,6±1,79 ^{bc}
	6	48,5±2,31 ^b	8,54±0,76 ^a	16,2±2,39 ^{bc}	18,3±2,40 ^{ab}	62,0±2,33 ^d
C +EV	0	53,4±1,49 ^a	0,26±0,32 ^e	17,8±0,94 ^b	17,8±0,94 ^c	89,1±1,05 ^a
	1	53,8±1,63 ^a	0,70±0,50 ^e	20,0±2,00 ^{ab}	20,0±1,99 ^{abc}	87,9±1,55 ^a
	2	48,8±1,85 ^b	1,56±0,34 ^d	18,9±1,03 ^{bc}	19,0±1,04 ^{bc}	85,3±0,91 ^b
	3	49,0±1,28 ^b	2,26±0,34 ^c	19,1±1,29 ^b	19,3±1,31 ^{bc}	83,3±0,81 ^{bc}
	4	51,9±1,84 ^{ab}	2,25±0,17 ^c	21,9±1,47 ^a	22,1±1,45 ^a	84,1±0,75 ^b
	5	51,8±2,46 ^{ab}	3,11±0,24 ^b	21,9±1,17 ^a	22,2±1,16 ^a	81,9±0,76 ^c
	6	50,8±2,86 ^{ab}	6,67±0,30 ^a	19,6±1,20 ^{ab}	20,7±1,07 ^{ab}	71,1±1,70 ^a
O	0	50,1±0,58 ^{ab}	5,02±0,37 ^e	16,5±1,30 ^c	17,2±1,33 ^e	73,0±0,67 ^a
	1	50,4±1,05 ^a	5,62±0,31 ^{de}	19,1±1,73 ^b	19,9±1,72 ^{cd}	73,5±1,01 ^a
	2	44,3±1,58 ^c	6,42±0,42 ^{cd}	17,1±0,66 ^{bc}	18,3±0,64 ^{de}	69,4±1,40 ^{bc}
	3	43,2±2,25 ^c	7,01±0,68 ^{bc}	16,7±0,61 ^c	18,1±0,66 ^{de}	67,2±2,03 ^c
	4	48,1±1,22 ^{ab}	6,83±0,59 ^{bc}	21,8±0,92 ^a	22,8±1,01 ^{ab}	72,6±1,02 ^a
	5	48,5±2,00 ^{ab}	7,76±1,03 ^b	22,4±1,67 ^a	23,7±1,85 ^a	70,9±1,56 ^{ab}
	6	47,5±1,39 ^b	10,7±0,47 ^a	18,2±1,50 ^{bc}	21,1±1,40 ^{bc}	59,5±1,96 ^d

T: traracina, RA: rojo Allura, C: Curcumina, RC: rojo Cochinilla, EV: Ext. Vegetales O: Oleorresina del pimentón. Medias situadas en la misma columna con diferente superíndice son diferentes para $p < 0,05$ (mismo color-sabor y formato).

De los resultados anteriores se desprende que, en general, las variaciones cromáticas de los caramelos de goma durante el almacenamiento fueron cuantitativamente poco relevantes. El color de los caramelos de goma fue relativamente estable durante los 6 meses de almacenamiento, con independencia del empleo de colorantes sintéticos o naturales, lo que abre a la puerta al empleo de los segundos para intentar mejorar la calidad nutricional de estos productos y evitar tener que hacer declaraciones nutricionales en relación con los colorante azoicos.

Nuestros resultados no coinciden con los obtenidos en otros estudios donde se monitorizó el color de productos gelificados. En un estudio sobre colorantes en geles de gelatina llevado a cabo por Calvo y Salvador (2000), los geles coloreados con una mezcla de Tartracina con azorubina o índigo vermilion sufrieron un fuerte incremento de la luminosidad al cabo de 36 días de almacenamiento, mientras que la luminosidad apenas aumentó en los geles coloreados con rojo Cochinilla o Curcumina. Además, los geles coloreados con rojo Cochinilla o Curcumina se mantuvieron estables con respecto al ángulo Hue hacia el final del experimento. En nuestro caso, los caramelos coloreados con Tartracina mostraron una luminosidad estable cuando se empleó a baja dosis (melocotón) y un ligero descenso de la misma cuando se empleó alta dosis (naranja), mientras que los caramelos coloreados con rojo Cochinilla o Curcumina también experimentaron una ligera disminución de la luminosidad.

Estos resultados diferentes se pueden deber a las diferencias en la matriz gelificada y el tipo de colorantes comparados. Los geles elaborados exclusivamente con gelatina sin adición de azúcares podrían estar más expuestos a la degradación química y microbiológica que los caramelos azucarados con una baja humedad residual y una baja actividad de agua, lo que quizás podría explicar que se produzca cierto aclaramiento del color original, ya que lo habitual es que los productos se oscurezcan debido a la oxidación y a la deshidratación. El tipo de agente gelificante es otro factor a tener en cuenta, ya que en nuestros experimentos se emplearon almidón y gelatina. Marfil et al. (2012), en un estudio sobre caramelos de goma con gelatina y/o almidón, demostraron que la presencia de almidón gelatinizado

produce geles más opacos y, por tanto, los valores de reflectancia pueden cambiar. Por otro lado, las combinaciones de colorantes comparadas no son exactamente las mismas y su degradación cromática puede ser diferente en función de las mezclas empleadas, aunque sean los mismos colorantes.

5.2.3. Efecto de las condiciones de almacenamiento (luz natural y oscuridad) sobre la estabilidad del color de los caramelos.

Para una mejor comprensión de los resultados, las **figuras 18 y 19** representan la evolución del valor de luminosidad y del ángulo Hue (tinte) en los caramelos de goma almacenados hasta 6 meses en condiciones de iluminación (equivalente a la venta al por menor) u oscuridad (equivalente al almacenamiento en envases de cartón).

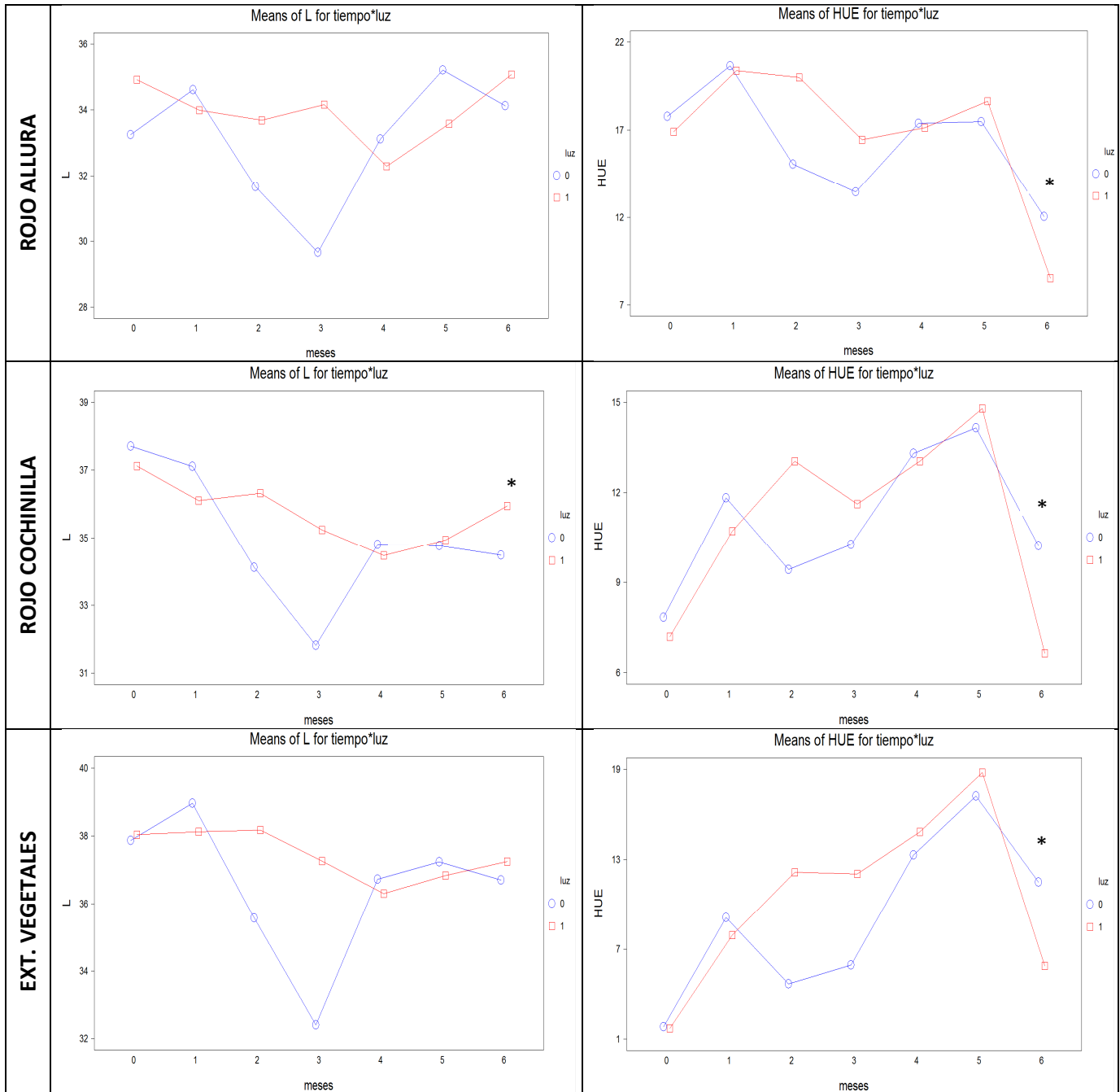
El descenso de luminosidad indica un oscurecimiento progresivo del producto, y, como se ha comentado, el valor de luminosidad fue en general bastante estable aunque con fluctuaciones, las diferencias en el valor final entre muestras almacenadas bajo iluminación y en la oscuridad fueron poco relevantes, con lo cual se deduce que estos caramelos se oscurecen por la acción de la desecación que de la luz natural. Por su parte, el descenso en el ángulo hue puede indicar una pérdida de cambio de la tonalidad roja hacia tono marrones, y, según se aleje de los 45 grados, también indica que el color naranja es más amarillento (si aumenta) o rojizo (si disminuye). Si se obvian las fluctuaciones observadas, llama la atención que se produjo una caída general del ángulo hue al final del almacenamiento en los caramelos de colores rojo-morados y anaranjados. Salvo en el caso de los caramelos anaranjados que contenían rojo Allura y Tartracina, parece que la caída del ángulo hue fue algo mayor en las muestras iluminadas, lo que sugiere que se produjo una pequeña degradación del color por efecto del almacenamiento.

El colorante rojo Cochinilla es un pigmento con una elevada estabilidad a las condiciones de procesado, incluso comparable a la de los colorantes artificiales.

También es estable bajo condiciones de almacenamiento adversas (luz y oxígeno) y gracias, a un reciente desarrollo, también son estables bajo condiciones ácidas ($\text{pH} > 2$) (Kawasaki et al., 2002; Kendrick, 2012; Galaffu et al., 2015). El pH de los caramelos de goma utilizado en nuestro estudio oscila entre 2,8-3,4, además la temperatura del proceso no superó los 80 °C una vez que son incorporados los ingredientes termosensibles como los colorantes, por tanto, todo parece indicar que se trata de un pH ácido y una temperatura que no afectan a la estabilidad del colorante rojo Cochinilla.

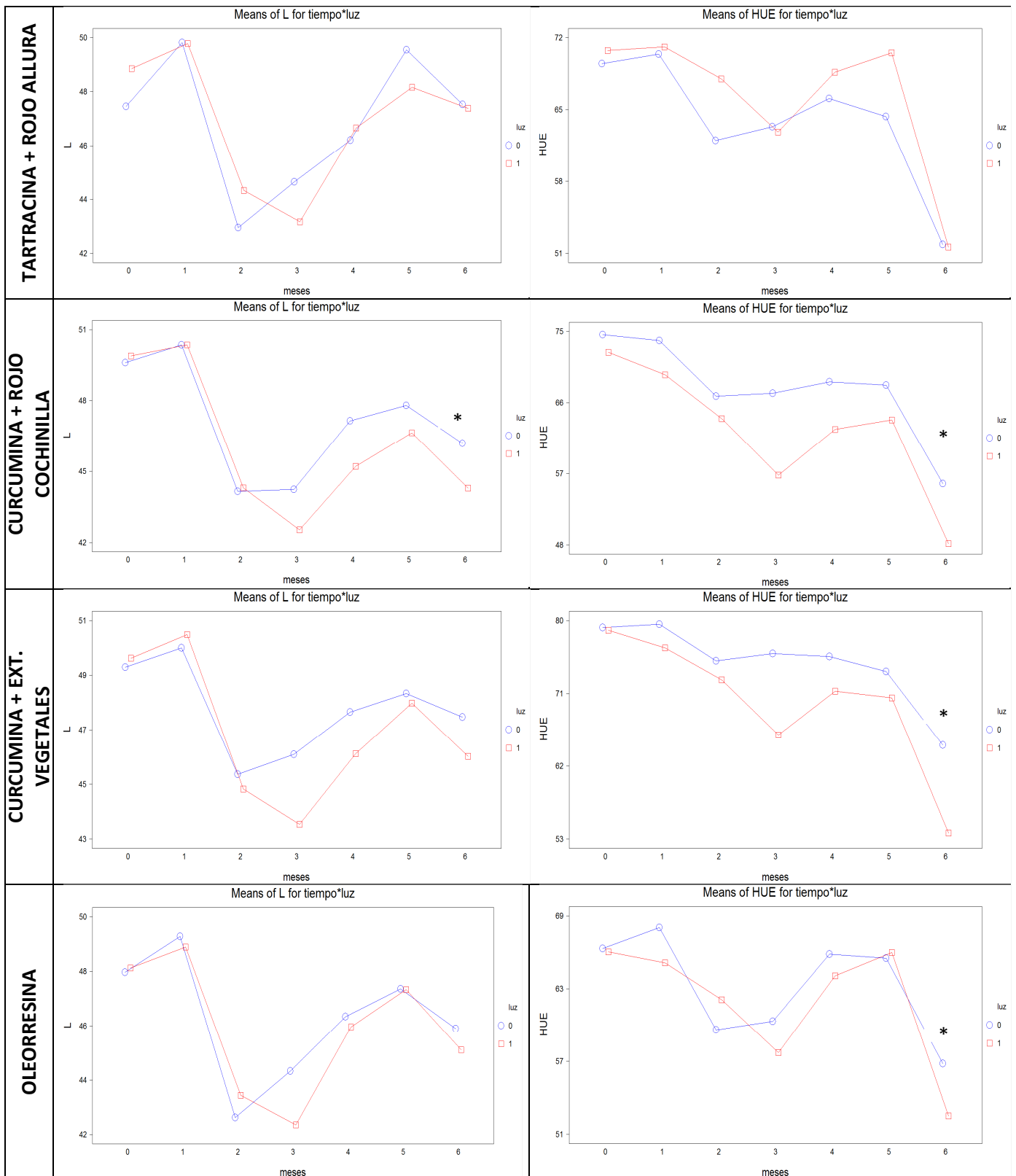
Fernández-López et al. (2013) vieron que el ácido carmínico es más termoestable que las antocianinas y betalaínas. Calvo y Salvador (2000), en su estudio sobre colorantes naturales en geles alimentarios, concluyeron que los colorantes rojo Cochinilla y Curcumina pueden reemplazar a los colorantes artificiales encontrados en geles comerciales elaborados con diferentes agentes gelificantes (gelatina, goma xantana, etc.) almacenados durante 36 días.

Figura 18. Influencia de la luz sobre el color de los caramelos (fresa y frambuesa) con rojo Allura, rojo Cochinilla y extractos vegetales almacenados durante 6 meses.



* Diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre muestras almacenadas en oscuridad e iluminadas durante 6 meses.

Figura 19. Influencia de la luz sobre el color de los caramelos (naranja y melocotón) con Tartracina con rojo Allura, Curcumina con rojo Cochinilla y con extractos vegetales y oleorresina almacenados durante 6 meses.



* Diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre muestras almacenadas en oscuridad e iluminadas durante 6 meses.

Por su parte, el color de las antocianinas contenidas en el extracto vegetal es dependiente del pH. El sistema antocianina experimenta transformaciones principalmente reversibles a medida que cambia el pH del medio. La estabilidad de las antocianinas en medio ácido ($\text{pH} < 3,5$) es mayor que en medio neutro ($\text{pH} = 7$); a valores de pH inferiores a 3, la mayoría de las antocianinas tienen fuertes propiedades colorantes y poseen una tonalidad que va de rojo a rosa gracias a la presencia de la forma del catión flavilio (Bridle y Timberlake, 1996; Kendrick, 2012). A valores de pH moderadamente ácidos, las antocianinas se muestran cada vez más azuladas y a pH neutro, algunas antocianinas tienen agradables tonos azulados; sin embargo, se trata de tonalidades altamente inestables en matrices acuosas tales como caramelos de goma (Castañeda-Ovando et al., 2009). Los caramelos de goma se caracterizan frecuentemente por tener un bajo pH y actividad de agua, creando un medio favorecedor para la estabilidad de las antocianinas (Brauch et al., 2015).

Las antocianinas muestran una buena estabilidad frente a la luz y al oxígeno en las confecciones azucaradas (Galaffu et al., 2015). No obstante, la degradación de las antocianinas puede verse favorecida por algunos constituyentes de los alimentos que con frecuencia pueden estar presentes en los caramelos de goma. Por ejemplo, las antocianinas muestran una degradación más rápida cuando están presentes cantidades significativas de ácido ascórbico (Sadilova et al., 2009; De Rosso y Mercadante, 2007). La presencia de ácido ascórbico produce un oscurecimiento debido a una reacción de pardeamiento. Las antocianinas y el ácido ascórbico son mutuamente destructivos y el resultado es el cambio del color rojo inicial a un color marrón con la pérdida correspondiente de vitamina C que podría ser un problema en los productos enriquecidos con vitaminas y su respectivo reclamo nutricional (Kendrick, 2012). Se ha demostrado que en bebidas fortificadas que contienen 250 ppm de ácido ascórbico, se produce una pérdida de color de hasta el 50% después de sólo 3 meses de almacenamiento (Chapman, 2011). Además, De Rosso y Mercadante (2007), demostraron la rápida degradación del ion flavilio en acerola, una fruta naturalmente rica en ácido ascórbico. Poeschl-Langston y Wrolstad (1981) demostraron que las pérdidas pueden minimizarse poniendo el producto bajo una atmósfera de nitrógeno. Por todo ello, se debe tener precaución

al emplear a la vez extractos ricos en antocianinas y complementos vitamínicos en este tipo de caramelos.

En cualquier caso, a altas dosis (es decir, en productos fuertemente coloreados, como los caramelos de fresa y frambuesa), las antocianinas contenidas en el extracto vegetal parecen ser tan estables como el rojo Cochinilla en los caramelos de goma. Sin embargo, a concentraciones menores, en productos ligeramente coloreados, la degradación de la antocianina podría detectarse incluso visualmente. En general, la mayor estabilidad de las antocianinas a altas concentraciones es causada por la auto-asociación de las moléculas de antocianinas, también conocida como copigmentación. Como resultado, las moléculas de antocianina protegen sus sitios moleculares vulnerables contra el deterioro producido por el agua y el oxígeno (Castañeda-Ovando et al., 2009).

Además, las antocianinas son susceptibles a productos de degradación del azúcar tales como 5-hidroximetilfurfural y furfural (Debicki-Pospíšil et al., 2006). Estos pueden formarse durante el calentamiento y el almacenamiento de productos ricos en azúcares y medios acuosos ácidos, particularmente para aquellos que contienen altos niveles de fructosa. Por lo tanto, los productos ricos en fructosa pueden mostrar una degradación más rápida de las antocianinas que otros productos (Rubinskiene et al., 2005).

A medida que extracto rico en antocianinas envejece, se puede observar una pérdida de la intensidad del color azul y una presencia de notas marrones debido a la polimerización de las moléculas de antocianinas, defecto que ocurre principalmente en las antocianinas procedentes de la piel de uva (Kendrick, 2012). Las antocianinas experimentan importantes cambios de color cuando están en presencia de metales usados para productos fortificados nutricionalmente (Galaffu et al., 2015), aunque no fue el caso en este estudio. Por último, en los dulces azucarados, el pH ácido de la antocianina roja puede causar la hidrólisis de la sacarosa para invertir el azúcar, dando lugar a dulces pegajosos, en ese caso, se puede resolver mediante ajustes finos de los parámetros del proceso tales como temperatura y tiempo de secado (Galaffu et al., 2015).

Por otro lado, los caramelos de naranja y melocotón coloreados con Curcumina se volvieron algo más rojizos hacia el final de estudio de vida útil. El colorante Curcumina se caracteriza por proporcionar una coloración amarilla brillante, sin embargo, muestra una escasa estabilidad a la luz durante el almacenamiento, lo cual constituye su principal limitación tecnológica, sobre todo, cuando se emplea en productos gelatinizados de baja humedad, por lo que no se recomienda su uso en productos con envases transparentes (Kendrick, 2012; Hubbermann, 2016). En nuestro estudio, se observaron mejores resultados sobre la estabilidad del color cuando los caramelos fueron almacenados en un ambiente protegido de la luz. Las formulaciones de Curcumina solubles en agua aplicadas en bebidas claras que se exponen a la luz solar directa durante su almacenamiento pierden cantidades visibles de color en pocos días de forma progresiva y rápida hasta llegar a desvanecerse produciendo una completa pérdida de color (Kendrick, 2012). Este problema se puede corregir de forma rápida y económica gracias al empleo de envases opacos que protegen el color de la luz, otra estrategia, aunque no tan económica consiste en técnicas de encapsulación. El uso de revestimientos como hidrocoloides para encapsular los pigmentos cambiaría drásticamente la estabilidad a la luz de los productos con Curcumina, permitiendo un amarillo brillante estable (Koehler et al., 2003; Winning y Pihlmann, 2003; Wang et al., 2009).

La Curcumina es extremadamente estable al calor y generalmente se puede usar en productos con una amplia gama de pH ácido, sin embargo, a medida que el pH aumenta, la tonalidad verde-amarilla disminuye ($\text{pH} > 7,5$) para convertirse en naranja-rojiza o incluso rosa cuando el medio es extremadamente alcalino (Kendrick, 2012). Los caramelos de goma de este estudio presentan unos valores de pH inferiores a 3,5 lo cual garantiza el aporte del color amarillo característico de la Curcumina. En confecciones azucaradas, la Curcumina muestra una buena estabilidad frente al pH, la luz y al oxígeno (Galaffu et al., 2015).

Finalmente, los caramelos de naranja y melocotón coloreados con oleorresina también se volvieron más rojizos hacia el final de estudio de vida útil. La oleorresina perteneciente al grupo de los carotenoides posee una estructura

molecular altamente insaturada que los hace susceptibles a la isomerización y oxidación. Además de las condiciones de procesado, la degradación de los carotenoides depende de la estructura de la molécula, su integración en matrices alimentarias específicas, la presencia de prooxidantes (como los iones metálicos), la presencia de antioxidantes y la exposición a la luz y al oxígeno. Por lo tanto, es difícil evaluar los efectos generales de la elaboración de los alimentos sobre la estabilidad de los carotenoides (Maiani et al., 2009). Se trata de un pigmento relativamente estable a variaciones de pH, pero la acidez puede influir en la funcionalidad de los emulsionantes, añadidos para hacer preparaciones de pigmentos solubles en agua, conduciendo a una descomposición de la emulsión con la consecuente liberación de gotas de aceite en el alimento (Kendrick, 2012). La exposición al calor y a la luz acelera la oxidación y, por tanto, la pérdida de color, pero esto puede ser mitigado por la inclusión de antioxidantes en la formulación. La vitamina C añadida a un máximo de 400 ppm proporciona un aumento de la estabilidad. Los cambios en el proceso, las opciones de envasado y de almacenamiento también pueden ayudar. Un envase opaco protege de la luz, aunque también es posible un envase transparente si se tiene en cuenta que la fuente de luz también puede tener una influencia, la luz solar directa resulta mucho más destructiva para un carotenoide que la iluminación del supermercado (Kendrick, 2012). En las confecciones azucaradas, se desconoce si estos pigmentos son estables frente a tratamientos térmicos leves o moderados, al pH, el oxígeno y la luz (Galaffu et al., 2015).

5.3. ENSAYO 3: INCORPORACIÓN DE INULINA.

5.3.1. Efecto de la incorporación de inulina sobre la calidad de los caramelos de goma.

En este ensayo se reforzó la calidad nutricional de los caramelos de goma con inulina (fuente de fructooligosacáridos) en dosis de 3 y 6%. Los caramelos de goma tuvieron que ser re-formulados y se aplicaron nuevos ajustes de fabricación. Así, fue necesario realizar un acondicionamiento previo de la inulina para poder ser incorporada al proceso, de modo que la inulina en formato polvo se solubilizó en agua caliente, por debajo de 80°C, bajo constante agitación. De esta manera se obtuvo una solución acuosa de inulina, una especie de jarabe transparente con una ligera coloración amarilla. Tras este paso, se incorporó la solución de inulina a la etapa de emulsión junto con los colorantes, aromas y otros componentes termosensibles a una temperatura máxima recomendada de 80 °C y, una vez homogenizada la mezcla durante 5-10 min, se procedió al moldeo y al resto de etapas sin ninguna variación adicional.

La **tabla 55** muestra el efecto de la dosis de inulina (0, 3 y 6%) sobre la calidad de los caramelos de fresa elaborados con concentrado de uva blanca. La adición de inulina no modificó el contenido en humedad, el valor de actividad de agua y el pH de los caramelos. Al incrementar del 3% al 6% la dosis de inulina solo se consiguió disminuir la concentración de sólidos solubles, mientras que el resto de parámetros no estuvieron afectados. La adición de inulina (3% o 6%) aumentó la tonalidad rojo-amarilla pero disminuyó la luminosidad de los caramelos a partir del 6% de inulina. La adición de inulina, con independencia de la dosis empleada, también tuvo efecto sobre la textura, de modo que los caramelos con inulina fueron más duros, gomosos y masticables.

La **tabla 56** muestra el efecto de la dosis de inulina sobre la calidad sensorial de los caramelos de fresa elaborados con concentrado de uva blanca. La adición de un 3% de inulina proporcionó un color rojo más vivo (tonalidad rojo-amarillenta), no afectó al flavor, e incrementó la dureza y elasticidad, mientras que el resto de atributos sensoriales no estuvieron afectados. Al incrementar del 3% al 6% la dosis

de inulina la calidad sensorial no se vio afectada, a excepción de la masticabilidad, ya que los caramelos fueron menos masticables.

Tabla 55. Efecto de la dosis de inulina (0, 3 y 6%) sobre la calidad de los caramelos de fresa con concentrado de uva blanca.

	0%		3%		6%	
	M	D	M	D	M	D
Humedad	18,9 ± 0,38		18,4 ± 0,44		18,8 ± 0,24	
Brix	80,9 ± 0,31 ^a		80,9 ± 0,39 ^a		80,1 ± 0,25 ^b	
a _w	0,63 ± 0,00		0,63 ± 0,01		0,64 ± 0,01	
pH	3,34 ± 0,07		3,32 ± 0,09		3,33 ± 0,09	
Acidez titulable	1,16 ± 0,15		1,16 ± 0,16		1,11 ± 0,15	
Luminosidad	33,4 ± 0,59 ^a		32,9 ± 0,99 ^{ab}		32,0 ± 0,85 ^b	
Rojo-verde a*	29,2 ± 2,25 ^b		34,8 ± 2,07 ^a		33,0 ± 1,19 ^a	
Amarillo-azul b*	5,88 ± 1,52 ^b		8,57 ± 1,14 ^a		7,57 ± 1,13 ^{ab}	
°Hue	11,2 ± 2,17		13,8 ± 1,47		12,9 ± 1,42	
Croma	29,8 ± 2,48 ^b		35,9 ± 2,19 ^a		33,9 ± 1,40 ^a	
Dureza	1,17 ± 0,10 ^b		1,40 ± 0,04 ^a		1,43 ± 0,08 ^a	
Gomosidad	0,78 ± 0,06 ^b		0,98 ± 0,03 ^a		0,99 ± 0,06 ^a	
Adhesividad	-0,01 ± 0,01		-0,02 ± 0,01		-0,02 ± 0,01	
Cohesividad	0,67 ± 0,04		0,70 ± 0,01		0,69 ± 0,01	
Masticabilidad	3,08 ± 0,27 ^b		3,87 ± 0,12 ^a		3,93 ± 0,17 ^a	
Elasticidad	3,96 ± 0,06		3,97 ± 0,05		3,97 ± 0,06	

Medias situadas en la misma línea con diferentes superíndices son diferentes para p<0,05.

Tabla 56. Efecto de la dosis de inulina sobre la calidad sensorial de los caramelos de fresa con concentrado de uva blanca.

	0%		3%		6%	
	M	D	M	D	M	D
Color (de vivo a oscuro)	3,90 ± 0,18 ^a		3,48 ± 0,30 ^b		3,47 ± 0,28 ^b	
Flavor fresa	2,78 ± 0,12		2,86 ± 0,14		2,82 ± 0,25	
Sabor ácido	2,67 ± 0,14		2,52 ± 0,28		2,52 ± 0,17	
Sabor dulce	3,13 ± 0,14		2,98 ± 0,15		3,17 ± 0,15	
Sabor mosto	2,39 ± 0,34		2,03 ± 0,32		2,23 ± 0,24	
Dureza dedo	2,53 ± 0,38 ^b		3,53 ± 0,23 ^a		3,66 ± 0,29 ^a	
Tiempo recuperación (inverso elasticidad)	3,27 ± 0,36 ^a		2,46 ± 0,19 ^b		2,40 ± 0,34 ^b	
Dureza boca	2,63 ± 0,23 ^b		3,12 ± 0,16 ^a		2,86 ± 0,15 ^{ab}	
Gomosidad	2,98 ± 0,13		2,95 ± 0,22		2,73 ± 0,27	
Masticabilidad	3,04 ± 0,10 ^{ab}		3,16 ± 0,20 ^a		2,86 ± 0,19 ^b	
Adhesividad	2,83 ± 0,13		2,79 ± 0,23		2,81 ± 0,28	

Medias situadas en la misma línea con diferentes superíndices son diferentes para $p < 0,05$.

La inulina resultó ser un ingrediente sensorialmente bastante neutro, ya que solamente aclaró ligeramente el color y posee un flavor indetectable en este tipo de caramelos. La inulina también contribuyó a reforzar la textura debido a su capacidad espesante y gelificante, de modo que los caramelos de goma resultaron más duros y elásticos, y no mostraron pérdida de gomosidad. Por un lado, la adición de inulina aumenta la proporción final entre polisacáridos gelificantes y azúcares solubles totales, lo que podría explicar el aumento de la fuerza del gel en estos caramelos. También se ha visto que la inulina actúa de forma sinérgica en presencia de otros agentes gelificantes como gelatina, alginatos, carragenanos,

goma gelano y maltodextrinas, por lo que puede mejorar la textura de los productos (Franck, 2002). Además, la adición de inulina a menudo conlleva a una mejora del sabor en distintas aplicaciones (Franck, 2002). Por ejemplo, la incorporación de inulina (1 a 3%) en los yogures de frutas dietéticas, a través de las preparaciones de frutas, mejora la sensación en la boca.

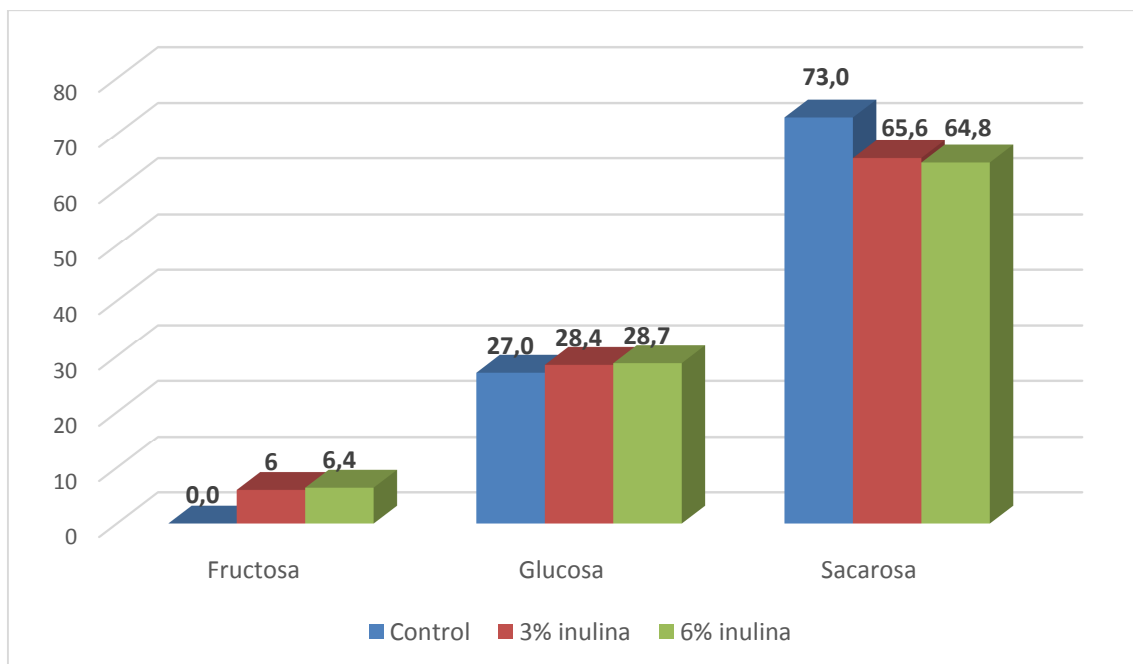
Finalmente se comprobó la calidad microbiológica (mohos y levaduras < 1 ufc. /g) de los caramelos de goma elaborados con inulina para asegurar que eran estables e inocuos para los consumidores.

Tras los ajustes realizados, los resultados obtenidos confirmaron que se podría añadir hasta un 6% de inulina sin problemas para la calidad de los caramelos de goma, lo que, teniendo en cuenta la evaporación de agua, suponía un 8,4% de fibra alimentaria total en el producto final. Por tanto, no sólo se consiguió mejorar la calidad nutricional de los caramelos de goma sin merma significativa de su calidad sensorial, sino que, además, los caramelos de goma podrían ser etiquetados como alimentos ricos en fibra ($\geq 6\%$) o fuente de fibra ($\geq 3\%$), siempre y cuando no se hubiera producido una extensa hidrólisis de las cadenas de inulina en azúcares simples, principalmente fructosa, cuestión que hubo que comprobar.

La monitorización del contenido de azúcares reducidos se ha empleado como un parámetro para ayudar a probar la hidrólisis de la inulina tras un tratamiento térmico (Kim et al. 2001). La **figura 20** representa el perfil de azúcares simples (sacarosa, glucosa y fructosa) de los caramelos de goma con 3 y 6% de inulina. El contenido en azúcares simples fue bastante similar en los tres tipos de azúcares, aunque con alguna excepción. La adición de inulina casi no modificó la proporción de glucosa, pero, sin embargo, disminuyó la proporción relativa de sacarosa. Ello se debería a que la inulina supone hasta un 8,4% del producto final, lo que va en detrimento de la proporción de otros ingredientes. Por otro lado, se puede observar que los caramelos control no contienen fructosa, al contrario de los caramelos con inulina. En cualquier caso, no se apreciaron diferencias respecto del contenido de fructosa cuando se incrementó la dosis del 3% (2,73 % fructosa) al 6%

(2,87 % fructosa), lo cual parece indicar que la fructosa presente en los caramelos procedía de los restos de fructosa que contenía la inulina.

Figura 20. Proporción relativa (expresadas en porcentaje) de azúcares simples identificados en los caramelos de goma con 3 y 6% de inulina.



Entre las materias primas utilizadas en los caramelos control (sin inulina), no existe ninguna que sea fuente de fructosa, excepto en el caso de que ocurriese una hidrólisis de la sacarosa, aunque este no es el caso dado que el proceso de fabricación de caramelos de goma no reúne las condiciones necesarias para que dicha hidrólisis ocurra. Por otro lado, la fructosa presente en los caramelos de inulina procede principalmente de la degradación de la inulina durante el procesado o de las impurezas de a la fructosa originalmente presente en el producto de inulina. Un análisis cromatográfico del contenido de azúcares simples determinó que la inulina empleada en este experimento contenía un 7,1% de sacarosa, 0,6% de glucosa y 1,3% de fructosa. Por tanto, el producto final debía

contener un porcentaje de inulina del 3,9 y 7,8 % para las dosis de 3 y 6%, respectivamente.

Se ha visto que los geles de inulina muestran una buena estabilidad al tratamiento térmico a temperaturas moderadas y valores altos de pH. Kim et al. (2001) comprobaron que los geles de inulina contenían un 0,05% de azúcares reducidos tras ser calentados a 80 °C durante 5 min, si bien la liberación de estos azúcares puede aumentar a mayores temperaturas y concentraciones de inulina. La inulina es susceptible a la hidrólisis dependiendo de la temperatura y la duración de la exposición al medio ácido (Glibowski y Wasko, 2008), por lo que la degradación de la inulina podría ser un factor limitante cuando se emplea en los caramelos de goma, ya que las propiedades reológicas y la estructura de los geles podrían cambiar, volviéndose más débiles y porosos, y además se perdería parte del contenido en fibra. En cualquier caso, la hidrólisis de la inulina sería más intensa en medios acuosos con una mayor actividad de agua que en medios con una alta concentración de azúcares, tales como los caramelos de goma.

Cuando ocurre la hidrólisis, los polisacáridos de cadena larga se descomponen en polisacáridos de cadenas más cortas, oligosacáridos y azúcares simples. Por ejemplo, una molécula de inulina con un grado de polimerización de 10 contiene nueve moléculas de fructosa y un resto final de glucosa. Los productos resultantes de la hidrólisis de la inulina son compuestos incapaces de formar gel. No hay información disponible sobre la estabilidad de inulina en caramelos, aunque se ha informado de que los geles de inulina son capaces de liberar azúcares reductores a valores de pH alrededor de 3,5 (Glibowski y Wasko, 2008). Por otra parte, la oligofructosa es bastante estable en ambientes con un pH bajo a temperatura caliente. La hidrólisis de la oligofructosa es insignificante a 60 °C en condiciones ácidas (pH 3,3), aunque podría ser considerable a 60-80 °C (Matusek et al., 2009).

En cualquier caso, la intensidad de las reacciones de hidrólisis en los geles de inulina no puede ser completamente extrapolada a los caramelos de goma, un producto gelatinizado con una alta concentración de azúcares y con un bajo

contenido de humedad. En nuestro estudio, las condiciones requeridas para la hidrólisis de la inulina se dieron cuando la masa caliente (80 °C) fue acidificada, es decir, casi al final del proceso, en una etapa de emulsión que duró aproximadamente 30 minutos, ya que posteriormente la mezcla se enfrió hasta temperatura ambiente. Esto ocurrió a pesar de la buena estabilidad química de la inulina de achicoria comercial utilizada en nuestro estudio. León et al. (2005) obtuvieron un 14% en peso de azúcares liberados cuando se hidrolizó una solución acuosa del mismo tipo de inulina de achicoria (125 g L⁻¹) en un reactor químico a pH 3,5 y 150 °C durante 5 min.

Durante el almacenamiento y bajo condiciones ácidas la inulina permanece estable siempre y cuando la temperatura sea baja o cuando el total de materia seca esté por encima del 70% (Tiense Suikerraffinaderij, 1993). En nuestro estudio, el contenido de sólidos solubles de los caramelos de goma estaba por encima de 78 °Brix y bajo las condiciones de almacenamiento habituales (temperatura ambiente y baja humedad) ocurren fenómenos de deshidratación que incrementan este valor, por lo que no parece probable que hubiera habido una degradación adicional de la inulina del caramelo más allá de las derivadas del procesado.

5.3.2. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre la calidad de los caramelos de goma.

La **tabla 57** muestra el efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre el contenido en humedad, sólidos solubles y el pH de los caramelos de goma. Los caramelos presentaron valores de sólidos solubles totales superiores a 80 °Brix, resultados que fueron ligeramente más altos en los caramelos con inulina que en los de almidón, mientras que el contenido de humedad fue similar en ambos. Esto puede explicarse por las diferentes propiedades de sorción del almidón gelatinizado y la inulina. Zimeri y Kokini (2003), compararon isotermas de sorción de humedad y encontraron que el almidón de maíz gelatinizado tenía una menor actividad de agua que la inulina pre-solubilizada, indicando diferencias en sus respectivas capacidades de unión al agua.

Tabla 57. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre el contenido en humedad, sólidos solubles y el pH de los caramelos de goma.

	Caramelo con almidón		Caramelos con inulina	
	M	SE	M	SE
Humedad	17,7	0,16	18,0	0,23
Sólidos solubles (° Brix)	80,1 ^b	0,06	80,7 ^a	0,12
pH	3,46 ^a	0,01	3,22 ^b	0,01

M: media; SE: error estándar de la media. Medias con diferente superíndice son diferentes para $P \leq 0.05$

El pH fue ligeramente inferior en los caramelos de inulina que en los caramelos de almidón. El hecho de que los valores de pH de las dispersiones de almidón y de inulina fueran similares (6), sugiere que hubieron algunas diferencias en la cantidad y / o el tipo de compuestos de degradación formados a partir de inulina y almidón, ya que una parte de los ácidos añadidos podría haber reaccionado con las cadenas de glucosa liberadas de almidón gelatinizado, mientras que la inulina estuvo menos expuesta a la degradación térmica. La relevancia del pH para la estabilidad química de los polisacáridos gelificantes es bien conocida. Los enlaces glucosídicos se pueden romper en medio ácido, dando como resultado la formación de fracciones de bajo peso molecular a partir de las cadenas ramificadas y lineales de polisacáridos (Wang, et al., 2003). La inulina puede hidrolizarse a oligosacáridos y azúcares a un pH de alrededor de 3,5 y una elevada temperatura. Glibowski y Wasko (2008) encontraron que una reducción del pH de 5 a 3 disminuye el grado de polimerización de la inulina gelificada (preparada al 20% y 80 °C durante 30 min y luego mantenida a 5 °C durante 21 h), produciendo geles cremosos suaves. Otros autores reportaron hallazgos similares para otros geles de inulina (Franck, 2002; Kim et al., 2001), aunque no hay

información específica sobre caramelos gelificados que incorporan inulina como ingrediente.

La **tabla 58** muestra el efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre la textura instrumental y sensorial de los caramelos de goma. Según los resultados instrumentales, la dureza y la masticación fueron menores en los caramelos con inulina que en los caramelos con almidón, por el contrario, la elasticidad fue mayor en los caramelos con inulina, mientras que no hubo diferencias entre los tratamientos para la gomosidad y cohesividad. Según esto, el uso de inulina disminuyó la resistencia del gel, dando lugar a caramelos más débiles y más fácilmente deformables, sin embargo, también fueron más elásticos y recuperaron sus dimensiones originales mejor que los caramelos de almidón. En general, la puntuación de la textura sensorial reprodujo los resultados obtenidos instrumentalmente, como también se ha visto en caramelos de goma elaborados con isomaltulosa (Periche, et al., 2014). La dureza y la masticabilidad también obtuvieron puntuaciones más bajas en los caramelos con inulina. Por el contrario, la elasticidad obtuvo una puntuación ligeramente mayor, mientras que no se encontraron diferencias de gomosidad entre los dos tratamientos. Además, la adhesividad obtuvo una puntuación más baja en los caramelos con inulina que en los caramelos con almidón. Así, tanto los datos del análisis instrumental, como del sensorial, confirmaron que la sustitución del almidón por la inulina resultó en caramelos ligeramente más blandos, elásticos y menos pegajosos.

Las diferencias de textura observadas entre los tratamientos podrían explicarse por las diferentes propiedades reológicas de los geles de almidón e inulina, así como por sus posibles sinergias con la gelatina. Las soluciones / dispersiones acuosas de inulina al 25-50% son capaces de formar geles termorreversibles a bajas temperaturas (Flamm et al., 2001). Los geles de inulina formados bajo calentamiento y en agitación son más fuertes, más lisos y más uniformes que los obtenidos sin calentamiento (Kim et al., 2001), aunque en este experimento no se observó la formación de un gel cuando se calentó y agitó una solución de inulina al 24%. La formación del gel de inulina depende requiere de un periodo de tiempo para que se configure el gel. Por otro lado, se ha documentado

la sinergia entre la gelatina y la inulina. La inulina se puede añadir de entre un 2,5-10,0 % a un gel de gelatina (tipo B a 5 %) sin afectar a la textura, mientras que es necesario añadir grandes cantidades de inulina (20%) para disminuir la elasticidad del gel de gelatina (Harrington y Morris, 2009), cantidad muy por encima que la utilizada en nuestro estudio.

Tabla 58. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre la textura instrumental (y sensorial de los caramelos de goma).

	Caramelos con almidón		Caramelos con inulina	
	M	SE	M	SE
Instrumental				
Dureza	27,7 ^a	1,02	24,4 ^b	0,58
Gomosidad	19,3	0,61	17,4	0,80
Cohesividad	0,72	0,02	0,69	0,03
Masticabilidad	80,6 ^a	2,42	75,4 ^b	3,64
Elasticidad	4,21 ^b	0,03	4,35 ^a	0,05
Sensorial (UA)				
Dureza	3,73 ^a	0,06	2,60 ^b	0,10
Gomosidad	3,18	0,12	3,07	0,15
Adhesividad	3,33 ^a	0,10	2,68 ^b	0,09
Masticabilidad	3,52 ^a	0,09	3,00 ^b	0,12
Elasticidad	1,97 ^b	0,13	2,30 ^a	0,11

Medias y errores estándar de la media (SE). Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0.05$. PS: puntuaciones sensoriales.

El uso de almidón aumenta la resistencia del gel y la dureza en caramelos de goma con gelatina (Marfil et al. 2012) y por este motivo se emplea ampliamente en la industria. Por el contrario, la inulina tiene relativamente pocas aplicaciones en caramelos y hay poca información disponible sobre la interacción gelatina-inulina en estos productos. La inulina se ha utilizado con éxito (a 0,4-1,3 %) como agente texturizante para aumentar la firmeza en gelatinas elaboradas sin otros agentes gelificantes (Goncalves y Rohr, 2009). La inulina también se ha probado con buenos resultados para aumentar el contenido de fibra en espaguetis de trigo duro, donde la incorporación a la pasta de una cantidad elevada (15%) de inulina con un mayor peso molecular a que la empleada en este estudio no tuvo ningún efecto sobre la firmeza y la pérdida de cocción (Aravind, et al., 2012). En un estudio similar, la adición de inulina (hasta un 10%) disminuyó el índice de hinchazón y la firmeza, pero no afectó la elasticidad y adhesividad en la pasta cocida (Brennan, et al., 2004). Otro estudio reológico confirmó que la inulina se puede incorporar como fibra en el chocolate con leche baja en calorías dentro de un amplio margen tecnológico (67-86%) (Abassi y Farzanmehr, 2009). La inulina también se ha comparado con otros polisacáridos gelificantes utilizados como ingredientes funcionales en los productos alimenticios. Por ejemplo, un gel de inulina tenía menor resistencia y firmeza y elasticidad similar a un gel que contenía gel de acil gellan (Evageliou et al., 2010).

La **tabla 59** muestra el efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre el color de los caramelos de goma. Según los resultados obtenidos, los caramelos de inulina tuvieron mayores valores de luminosidad y de tonalidad roja-amarilla que los caramelos de almidón. El ángulo Hue también resultó ser mayor en los primeros. Según estos valores de reflectancia, los caramelos de inulina fueron más claros y tenían una tonalidad más rojiza que los caramelos de almidón. Esto puede explicarse por las propiedades ópticas inherentes de cada agente gelificante. La solución de agua de inulina es un líquido transparente y ligeramente amarillo que puede aumentar la luminosidad de los caramelos y mejorar la tonalidad rojiza, mientras que el gel de almidón es más opaco. Al contrario que en nuestro estudio, Evageliou et al., (2010) encontraron que la adición de inulina al 15% volvió a los

geles de gelano mas opacos, mientras que en un estudio similar (Marfil et al., 2012), la incorporación de almidón de maíz modificado con ácido aumentó la opacidad en los geles de gelatina.

Por el contrario, los panelistas no puntuaron diferencias ($P > 0,05$) en la tonalidad roja (oscura a brillante) para ambos tratamientos, de manera que, desde el punto de vista sensorial, el uso de almidón o inulina se consideró irrelevante para el color característico de los caramelos de fresa. Un resultado similar se obtuvo en otro estudio sobre caramelos blandos que contenían inulina (0,4-1,3 %) y colorante rojo (Goncalves y Rohr, 2009).

La **tabla 60** muestra el efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre el sabor de los caramelos de goma. El sabor de fresa obtuvo una puntuación claramente superior en los caramelos de inulina que en los caramelos de almidón. Aunque no hay información específica sobre caramelos, generalmente se acepta que la inulina, un polisacárido con un sabor neutro y suave sin ningún sabor o retrogusto, puede combinarse con otros ingredientes alimenticios sin modificar sabores delicados, incluso mejorando el sabor natural de algunos productos tales como postres (Tárrega y Costell, 2006), productos de panadería, cereales para el desayuno o productos lácteos bajos en grasa (Franck, 2002). La acidez y el dulzor son también atributos típicos del sabor de los caramelos de fruta. La acidez fue mayor en los caramelos de inulina que en los caramelos de almidón, lo cual fue coherente con el menor valor de pH observado en los caramelos de inulina.

La relación entre la acidez y el pH es bien conocida en los productos alimenticios. Amerine et al. (1965) informaron que las diferencias de 0,05 unidades de pH son fácilmente detectables por un panel sensorial entrenado para evaluar la acidez en soluciones de ácido cítrico o láctico (a pH alrededor de 3,3), aunque esto no se confirmó en estudios posteriores (CoSeteng et al., 1989). La acidez depende principalmente de la concentración de ácidos cítrico y láctico y es la primera sensación dominante en la boca durante la degustación de este tipo de caramelos blandos, mientras que la percepción de la fresa predomina al final (Saint-Eve et al., 2011). Por otra parte, la inulina, al tener un sabor más neutro que el almidón

cocido, también podría haber mejorado la percepción de acidez, como lo hizo con el sabor a fresa. Del mismo modo, el dulzor también obtuvo puntuaciones más altas en los caramelos con inulina en comparación con los de almidón. La inulina no tiene sabor dulce, aunque el polvo de inulina de achicoria utilizado en nuestro estudio fue ligeramente dulce (10% de poder edulcorante con respecto a la sacarosa) porque contenía oligosacáridos y azúcares hidrolizados (Franck, 2002).

Nuestra evaluación sensorial confirmó que la adición de inulina de achicoria claramente mejora el sabor de los caramelos en comparación con el almidón de maíz cocido. Se ha visto que la adición de inulina (a 0,4-1,3 %) no mejora el sabor en caramelos blandos que contenían aroma de fresa y leche, aunque la dosis ensayada fue mucho menor que la de este estudio (Goncalves y Rohr, 2009). Del mismo modo, en otro estudio sobre pasta de trigo cocinada, la inulina tuvo poco impacto en el sabor y se concluyó que puede utilizarse dentro en este tipo de productos con un amplio margen sensorial (Aravind et al., 2012). En nuestro caso, la mejora del sabor de los caramelos de goma también podría estar relacionada con los cambios observados en la textura. En general, el sabor se percibe con más intensidad en los geles más débiles y con una rápida velocidad de disolución en boca. Por lo tanto, los compuestos responsables de los sabores a fresa, dulce y ácido, pueden liberarse con más rapidez en la boca a partir de geles débiles y frágiles, como ocurrió en los caramelos de inulina, mientras que los mismos compuestos estarían más retenidos en geles fuertes y cohesivos (Kälviäinen et al., 2000; Boland et al., 2006).

Tabla 59. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre el color CIELAB y el color rojo de los caramelos de goma.

	Caramelos con almidón		Caramelos con inulina	
	M	SE	M	SE
L*	27,8 ^b	0,37	32,0 ^a	0,73
a*	25,3 ^b	0,47	34,4 ^a	1,32
b*	-0,46 ^b	0,38	4,26 ^a	0,85
°Hue	-1,23 ^b	0,89	6,58 ^a	1,04
Chroma	25,3 ^b	0,46	34,8 ^a	1,43
Color rojo (de claro a oscuro)	3,73	0,07	3,55	0,08

Medias y errores estándar de la media (SE). Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0.05$. PS: puntuaciones sensoriales.

Tabla 60. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre los atributos de sabor de los caramelos de goma.

	Caramelos con almidón		Caramelos con inulina	
	M	SE	M	SE
Fresa	2,52 ^b	0,10	3,45 ^a	0,08
Acidez	1,62 ^b	0,12	2,83 ^a	0,16
Dulzor	2,73 ^b	0,21	3,22 ^a	0,09

Medias y errores estándar de la media (SE). Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0.05$. PS: puntuaciones sensoriales.

5.3.3. Efecto de la incorporación de crema de inulina sobre la calidad de los caramelos de goma.

Tras los resultados obtenidos del experimento anterior, se determinó llevar a cabo un procedimiento para mejorar las propiedades gelificantes de la inulina con el fin de equiparar o incluso mejorar las características de textura de los caramelos originales. El objetivo fue fortalecer la red del gel de inulina mediante la dispersión de las partículas de inulina en agua, usando un dispositivo de cizallamiento, tal como un mezclador (por ejemplo, Ultraturrax®) u homogeneizador. La dispersión de pequeñas partículas de inulina insolubles en agua induce la formación de una estructura cremosa blanca opaca, fácilmente untuosa, con una textura similar a la de un gel (Kim et al., 2001) que proporciona una sensación grasa y suave en la boca (Fripiat y Smits, 1996). Su textura se parece a la de la grasa, y, por tanto, se puede incorporar a los alimentos para reemplazar hasta un 100% de ésta (Franck, 1993). Generalmente, los geles de inulina se describen como geles compuestos por una red tridimensional de partículas cristalinas submicrométricas insolubles, con grandes cantidades de agua inmovilizada que aseguran su estabilidad física (Franck, 2002). En tal situación, la inulina soluble se vuelve insoluble y forma una red que inmoviliza el agua debido a la asociación de moléculas de polímero en la solución. La homogenización por ultrasonidos también puede ser usada para preparar la crema de inulina ya que dispersa la inulina en agua con una mínima energía de mezclado y evita la formación de grumos. El producto resultante tiene la misma apariencia y sensación en boca que cuando se utilizan otros equipos de homogenización, pero el tiempo necesario para la formación de una estructura de gel es menor, pero, sin embargo, el gel muestra una mayor fuerza (Tiense Suikerraffinaderij, 1993).

Para el desarrollo de las propiedades gelificantes de la inulina se ensayaron un procedimiento de homogenización con un equipo Ultraturrax (11.500 rpm) y un tratamiento de ultrasonificación (20 KHz) aplicados durante diferentes periodos de tiempo (10 y 15 min) en soluciones acuosas de inulina a distinta concentración (10, 15, 30, 40 y 50%). Primeramente, se preparó una disolución de inulina con agua caliente (50 °C) durante 5 minutos para favorecer su completa disolución. A

continuación, se aplicaron los tratamientos respectivos, durante el tiempo establecido, empleando un baño frío para evitar el sobrecalentamiento de las muestras. Por último, se dejó reposar la mezcla durante 24 horas en refrigeración. La **tabla 61** muestra los distintos tratamientos mecánicos empleados para elaborar la crema de inulina.

Es importante enfatizar la importancia de mantener constante la temperatura durante la homogenización de inulina, ya que se trata de un proceso que aumenta la temperatura de dispersión debido a la fricción entre las partículas. De lo contrario, se produciría una disminución de la resistencia del gel del sistema inulina-agua, debido a la probable disolución parcial de las partículas involucradas en la red inulina-agua, responsable de la retención de agua por el polímero (Ronkart et al., 2010). Glibowski (2010) confirmó que la agitación de una solución de inulina a temperatura elevada provoca un aumento más lento de la viscosidad como resultado de la disolución parcial de la inulina. Glibowski y Wasko (2008), señalaron que la dureza del gel de la inulina era menor después del precalentamiento de la dispersión, y que, por encima de 80 ° C, se inhibe la gelificación de inulina, pero que, a temperaturas más bajas es posible obtener geles firmes a medida que los pequeños cristales de inulina se disuelven o dispersan parcialmente por el tratamiento mecánico.

La inspección visual de las distintas combinaciones ensayadas confirmó que los tratamientos de ultrasonidos y homogenización no son capaces de desarrollar un gel de inulina a una concentración del 10 y 15%, en cambio, se pudo obtener un producto cremoso de color blanco cuando la concentración de inulina se aumentó al 30%, cuya cremosidad aumentó al aplicar ultrasonidos en función del tiempo de aplicación (15 min). Las soluciones de inulina mostraron una cremosidad aún mayor cuando se incrementó la concentración al 40%, donde, del mismo modo, el tratamiento de ultrasonidos y el mayor tiempo de aplicación (15 min) volvieron a aportar una mayor consistencia a la crema.

Tabla 61. Tratamientos mecánicos empleados para elaborar la crema de inulina.

Nº prueba	Tratamiento	Inulina (%)	Tiempo (min)	Consistencia gel cremoso	Grumos
Control	---	10	---	-	
1	Ultraturrax	10	10	-	
2	Ultraturrax	10	15	-	
3	Ultrasonidos	10	10	-	
4	Ultrasonidos	10	15	-	
Control	----	15	---	-	
5	Ultraturrax	15	10	-	
6	Ultraturrax	15	15	-	
7	Ultrasonidos	15	10	-	
8	Ultrasonidos	15	15	-	
Control	----	30	---		
9	Ultraturrax	30	10	*	
10	Ultraturrax	30	15	**	
11	Ultrasonidos	30	10	**	
12	Ultrasonidos	30	15	**	
Control	----	40	---		
13	Ultraturrax	40	10	*	
14	Ultraturrax	40	15	**	
15	Ultrasonidos	40	10	***	+
16	Ultrasonidos	40	15	***	+
17	Ultraturrax	50	15	****	
18	Ultrasonidos	50	15	****	++

Por último, dado los requerimientos del proceso de fabricación (mínima adición de agua para evitar tener que evaporarla), se decidió aumentar la concentración de la crema de inulina a un 50%, por lo que se ensayaron ambos tratamientos durante un periodo de tiempo de 15 minutos. Como resultado, el incremento de la concentración favoreció la formación de grumos que el tratamiento de ultrasonidos no fue capaz de dispersar, mientras que, en cambio, el tratamiento de homogenización consiguió una textura cremosa más consistente, por lo que se optó por éste último.

La crema de inulina obtenida presentaba las típicas propiedades de un material viscoelástico, por un lado, firmeza y elasticidad (características de un sólido), y por otro, viscosidad (característica de un fluido). Según Ronkart et al., (2010), en los sistemas acuosos de inulina microfluidizada, la textura de la crema varía en función de la concentración de inulina, pasando de una textura tipo de “yogur” (2 y 7%) a margarina (15%) (**figura 21**). En este estudio, la firmeza del gel aumentó con la concentración de inulina y se logró la máxima firmeza utilizando un tratamiento de cizallamiento durante el enfriamiento (Sensus Operations, 2000). Como sucede en nuestro estudio, Franck y De Leenheer (2005) necesitaron emplear una concentración de inulina nativa mayor del 25% y cadena larga mayor del 15% para obtener una crema con una textura similar a la de un gel tras aplicar cizallamiento.

La fuerza del gel no solo depende del tipo de inulina y su concentración, sino también de los parámetros empleados en el tratamiento de homogenización, como la temperatura, el tiempo, el pH y el tipo de homogeneizador (Kim et al., 2001). Chiavaro et al. 2007, en sus experimentos sobre geles de inulina, concluyeron que la estructura química de la inulina afecta no sólo la capacidad de formar gel, sino también a las propiedades texturales y térmicas de los geles. Así, a igualdad de otros parámetros, cuanto mayor es el grado de polimerización de la inulina, mayor es la viscosidad y la firmeza de las cremas obtenidas. La agitación de las dispersiones de inulina conlleva un progresivo aumento de la viscosidad, especialmente a bajas temperaturas (20-40 °C) (Glibowski, 2010). Kim et al. (2001), obtuvieron un gel suave con una textura similar a la margarina aplicando un

tratamiento de homogenización (5000 rpm) a una solución acuosa de inulina (15%). Por último, también se ha comprobado que los tratamientos de homogenización no modifican la composición química de las cadenas de inulina (Ronkart et al., 2010).

Figura 21. Texturas obtenidas gracias a un proceso de homogenización de una solución de inulina a diferentes concentraciones. Crema de inulina >15% (izquierda) y textura similar a un yogur 2-7% (derecha) Ronkart et al. (2010).



A partir de los resultados anteriores, se elaboraron caramelos de goma con crema de inulina para comprobar la mejora sobre las propiedades de textura. Para ello se empleó una solución acuosa de inulina al 50% que se sometió a un tratamiento de homogenización con un equipo Ultraturrax durante 5 minutos. La crema de inulina se incorporó al final del proceso de fabricación, en la etapa de emulsión (80 °C), junto con el resto de ingredientes termosensibles y la masa se homogenizó durante apenas 10 minutos antes del moldeado y enfriamiento a temperatura ambiente, con el fin de evitar la posible degradación producida por la combinación del medio ácido y el calor.

La **tabla 62** muestra el efecto de la adición de crema de inulina sobre la textura instrumental de los caramelos de fresa. Cuando se desarrolla la capacidad

gelificante de la inulina gracias a un tratamiento de homogenización previo, se obtienen caramelos con unas características de textura más próximas a los caramelos originales elaborados con almidón. Así, los caramelos elaborados con crema de inulina fueron, por un lado, más duros, gomosos y masticables, y por otro, menos cohesivos y masticables, que los fabricados con una solución de inulina sin tratar. Por tanto, al emplear crema de inulina en los caramelos, se corrigieron en parte los defectos de textura detectados anteriormente. El tratamiento de homogenización no produce cambios con respecto de la adhesividad ni elasticidad de los caramelos. Del mismo modo, Evageliou et al. (2010) observaron que la elasticidad de los geles de gelano no se alteró significativamente al incorporar inulina, si bien disminuyeron la firmeza y la fuerza de los geles. En este estudio, el incremento gradual de la concentración de inulina dio como resultado un aumento en la resistencia del gel. Este comportamiento se atribuyó a las interacciones segregativas entre las moléculas de gelano e inulina. De acuerdo con los resultados obtenidos, desde un punto de vista tecnológico, la crema de inulina proporciona unas propiedades gelificantes más parecidas a las del almidón cocido en los caramelos de gelatina.

Tabla 62. Efecto de la adición de crema de inulina sobre la textura instrumental de los caramelos de fresa.

	Control	Inulina	Crema de inulina
	M±SD	M±SD	M±SD
Dureza	13,4±0,25 ^a	5,70±0,43 ^c	10,8±0,24 ^b
Gomosidad	9,59±0,20 ^a	4,36±0,31 ^c	6,80±0,12 ^b
Cohesividad	0,71±0,01 ^b	0,77±0,01 ^a	0,63±0,01 ^c
Masticabilidad	35,3±1,09 ^a	16,9±1,30 ^c	24,1±0,73 ^b
Elasticidad	3,77±0,06 ^{ab}	3,84±0,07 ^a	3,55±0,09 ^b

Medias con diferente superíndice son diferentes para $P \leq 0.05$.

Independientemente de su valor sensorial y funcional, la sustitución del almidón por fibra dietética en productos azucarados tiene como objetivo reducir su valor calórico. La inulina sufre un bajo grado de hidrólisis ácida en el estómago, aunque puede ser degradada por bacterias que colonizan el colon (Rossi et al., 2005), por lo que su valor calórico es bajo en comparación con el almidón. La inulina y la oligofructosa de achicoria, al igual que todos los demás carbohidratos parcial o totalmente fermentables en el colon humano, han recibido un valor calórico de $6,3 \text{ kJ g}^{-1}$, mientras que los carbohidratos dietéticos, que son absorbidos como hexosa (glucosa, fructosa), tienen un valor calórico de $16,3 \text{ kJ g}^{-1}$ (Roberfroid, 1993). De acuerdo con estas estimaciones, para 100 g de caramelos, la sustitución de 12 g de almidón de maíz por la inulina de achicoria disminuiría el valor calórico en 120 kJ. Esto parece una modesta reducción en el valor calórico de un producto rico en azúcar, pero el uso de inulina podría combinarse con otras estrategias, como el uso de sustitutivos de azúcar, para elaborar caramelos aún menos calóricos.

5.4. ENSAYO 4: SUSTITUCIÓN DE AZÚCARES POR FOS Y EDULCORANTES.

Finalmente, se realizó una sustitución total de los azúcares añadidos a la formulación (sacarosa y jarabe de glucosa) por FOS y edulcorantes (maltitol e isomalt) con el objeto de conseguir una mejora nutricional todavía más completa en los caramelos de goma. Este ensayo transcurrió en dos etapas, en una primera etapa se reemplazó el jarabe de glucosa por jarabe de FOS y en una segunda etapa se reemplazó la sacarosa por una mezcla de maltitol e isomalt.

Se decidió emplear FOS porque, además de ser una fibra dietética, aportan dulzor (0,35 de poder edulcorante respecto de la sacarosa), poseen una solubilidad mucho mayor que la inulina en agua y a temperatura ambiente, por lo que se pueden preparar jarabes incoloros muy concentrados. En definitiva, la oligofructosa posee unas propiedades tecnológicas bastante similares a las del jarabe de glucosa (Crittenden y Playne, 1996), por lo que se determinó que un jarabe de FOS sería un buen sustituto del jarabe de glucosa. Para la primera etapa del experimento se preparó un jarabe de FOS (76%) similar en sólidos solubles al jarabe de glucosa (79%). Para ello, se disolvió poco a poco el polvo de FOS en agua caliente (50 °C) bajo constante agitación durante 15 minutos y se dio un pase final con el homogeneizador Ultraturrax para eliminar los grumos formados. Una inspección sensorial determinó la similitud en cuanto a aspecto y dulzor entre los dos jarabes con la diferencia que el jarabe de FOS aportaba un ligero toque afrutado.

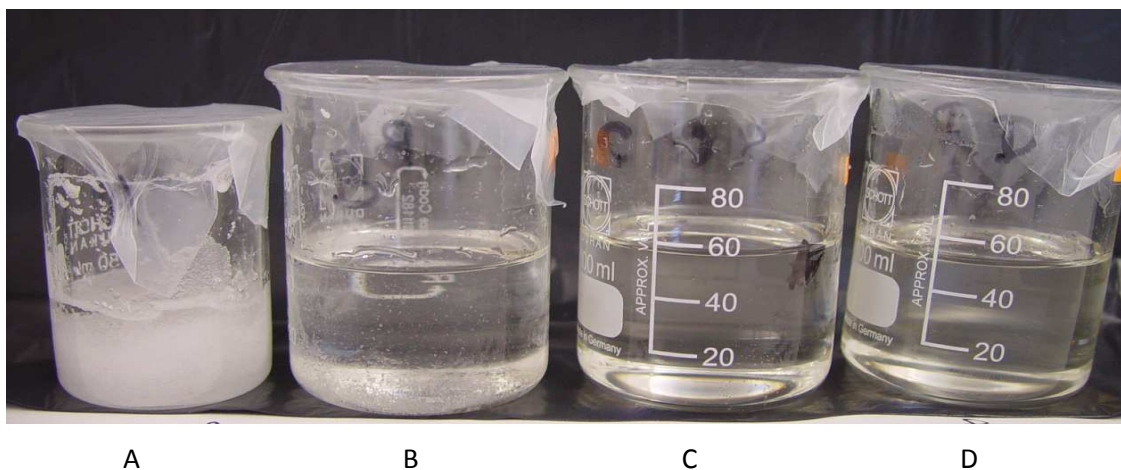
Por otro lado, el maltitol es un polialcohol que aporta volumen y textura, y además tiene un poder edulcorante (0,9) similar al de la sacarosa. En caramelos de gelatina sin azúcar, un jarabe de maltitol permite a la gelatina alcanzar su máximo poder gelificante, y proporciona una mayor resistencia al secado debido a su gran higroscopicidad y poder de humectación, cuando los caramelos de goma se almacenan a una humedad baja, reduciendo a la vez los problemas de adherencia o deformación durante el almacenamiento. En los caramelos de goma con sabor a fruta y sin azúcar que contienen ácido cítrico, el empleo de maltitol incluso permitiría una reducción en el nivel de gelatina con respecto del caramelo

estándar, conservando el mismo perfil (Zumbé et al., 2001); razones por las cuales se determinó que el maltitol sería un sustituto idóneo de la sacarosa. No obstante, la adición de maltitol conlleva ciertos inconvenientes, ya que un jarabe por encima del 78% de maltitol no sería adecuado dado que tienen muchas posibilidades de cristalizar durante el almacenamiento (Zumbé et al., 2001), donde ocurren cambios en la movilidad del agua que pueden ser debidos a la recristalización entre otras interacciones químicas del sistema (Subramaniam, 2016). La recristalización de azúcares amorfos es un defecto indeseable en los caramelos blandos de tipo gomoso porque crea una textura grosera (Hartel, 1993). La alternativa empleada para evitar los procesos de recristalización fue la combinación de maltitol e isomalt. El isomalt, con un poder edulcorante (0,55 respecto de la sacarosa) inferior al maltitol, aporta un dulzor moderado, además, su baja solubilidad en agua limita la cantidad que puede ser usada en confecciones azucaradas (Dodson y Pepper, 1985).

Para la segunda etapa del experimento, con carácter preliminar, se elaboraron jarabes con distintas combinaciones de maltitol e isomalt (**tabla 63**) y se almacenaron durante 1 semana. Al cabo de tres días se observó una completa cristalización de la muestra A y al cabo de una semana de almacenamiento (**figura 22**) se observó que la muestra B mostraba un moderado grado de cristalización, en la muestra D se observó la formación de unos pequeños cristales mientras que la muestra C obtuvo los mejores resultados ya que se conservó tal cual su aspecto inicial, por lo que fue la opción seleccionada.

Tabla 63. Combinaciones de maltitol e isomalt ensayadas.

	% Maltitol	% Isomalt
A	73	0
B	68	5
C	63	10
D	58	15

Figura 22. Combinaciones de maltitol e isomalt tras 1 semana de almacenamiento.

5.4.1. Efecto de la sustitución de azúcares sobre la calidad de los caramelos de goma.

Para la elaboración de caramelos de goma sin azúcares se realizaron ciertos ajustes de fabricación que consistieron en mezclar el jarabe de FOS (76%) con el jarabe de maltitol e isomalt (63% maltitol y 10% isomalt) a una temperatura controlada de 80 °C. Tras la homogenización de la mezcla se adicionó la crema de inulina (50%), la masa se homogenizó nuevamente y se le aplicó calor (110 °C) durante 30 minutos con el fin de reducir el contenido en agua. Se enfrió la mezcla

hasta 80 °C, a continuación se adicionaron el resto de ingredientes termosensibles, y se prosiguió con las demás etapas del proceso sin más cambios. Una vez ajustados la formulación y el proceso tecnológico, los caramelos, denominados en adelante, caramelos de goma optimizados (con fibra y sin azúcares), se compararon con los caramelos control, elaborados con almidón y azúcares, según el procedimiento original de la empresa colaboradora.

La **tabla 64** compara las diferentes características de calidad en los caramelos de goma control y optimizados. Los dos tipos de caramelos no presentaron diferencias en los valores de humedad, sólidos solubles, pH o actividad de agua. Las propiedades cromáticas fueron también muy similares, si bien el valor de luminosidad y el ángulo Hue fueron más altos en los caramelos optimizados. Las principales diferencias observadas entre ambos tipos de caramelos recayeron en la textura. Así, los caramelos optimizados fueron más blandos y cohesivos, aunque menos gomosos y masticables, que los caramelos control, mientras que no se observaron diferencias de elasticidad entre ambos.

Llegados a este punto, muy cercano al desarrollo final de un caramelo dietético listo para ser lanzado al mercado, se quiso conocer la aceptabilidad del nuevo producto mejorado. La **tabla 65 y figura 23** muestran la evaluación de diferentes atributos sensoriales de los caramelos de goma control y optimizados realizada por un panel de consumidores. Los resultados de este estudio fueron orientativos al no existir un entrenamiento previo, pero revelaron claras diferencias entre ambos tipos de caramelos. Los caramelos elaborados con FOS, maltitol e isomalt fueron puntuados como más blandos que los caramelos control, un resultado, que a pesar de provenir de una valoración por consumidores, fue acorde con los obtenidos instrumentalmente. Estos caramelos además fueron valorados por los consumidores como más elásticos, más ácidos, menos dulces y con un sabor más afrutado. Esto era de esperar, ya que el poder edulcorante de la sacarosa y la glucosa es mayor que el de la mezcla de edulcorantes ensayada, mientras que la apreciación de una mayor acidez en los caramelos optimizados probablemente esté relacionada con su menor dulzor, ya que no se detectaron diferencias de pH entre ambos tipos de caramelos.

Tabla 64. Comparativa de las propiedades físico-químicas de los caramelos control y optimizados nutricionalmente.

	Caramelo control		Caramelo optimizado	
	M	SE	M	SE
Humedad	17,7	± 0,78	16,7	± 0,28
°Brix	81,1	± 0,06	80,8	± 0,14
a _w	0,67	± 0,01	0,66	± 0,01
pH	2,98	± 0,02	2,98	± 0,02
Luminosidad	27,1	± 0,26 ^y	31,4	± 0,35 ^x
Rojo-verde a*	23,2	± 1,87	24,7	± 1,07
Amarillo-azul b*	1,07	± 0,92	2,73	± 0,36
° Hue	1,00	± 2,54	6,09	± 0,61
Croma	23,38	± 1,87	24,9	± 1,10
Dureza	25,43	± 0,89 ^x	14,94	± 1,47 ^y
Gomosidad	16,29	± 0,87 ^x	10,71	± 0,80 ^y
Cohesividad	0,64	± 0,02 ^y	0,73	± 0,03 ^x
Masticabilidad	57,3	± 1,25 ^x	37,9	± 1,34 ^y
Elasticidad	3,60	± 0,21	3,64	± 0,63

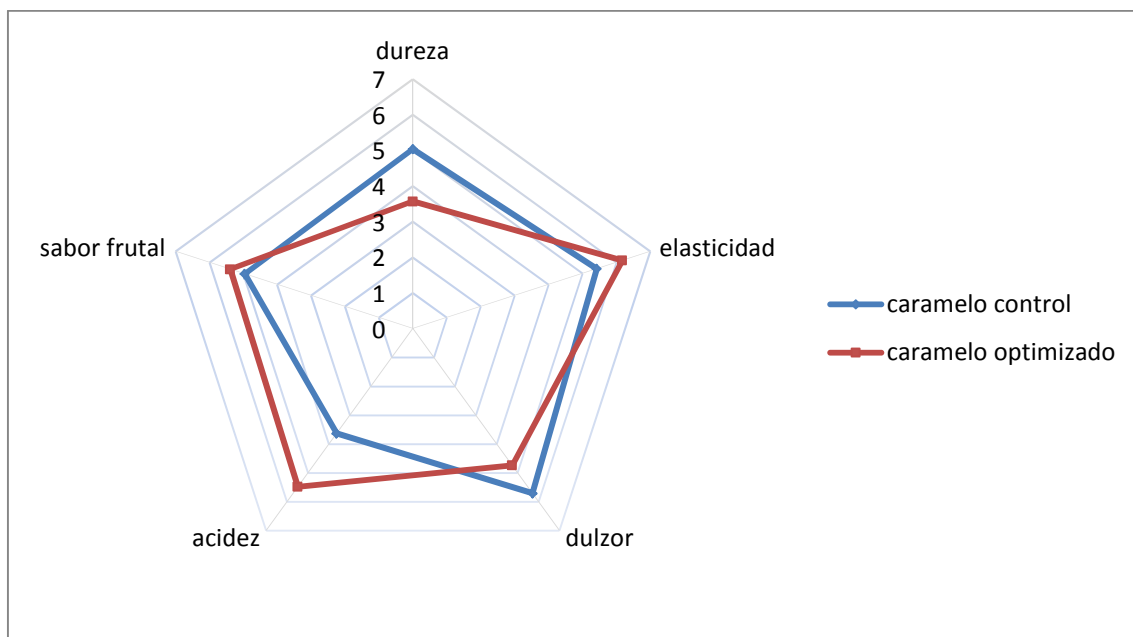
Medias y errores estándar de la media (SE). Medias con diferentes superíndices son diferentes para P≤0.05.

Tabla 65. Comparativa de la valoración sensorial realizada por los consumidores en los caramelos control y optimizados.

	Caramelo control		Caramelo optimizado	
	M	SE	M	SE
Dureza	5,03	± 0,15 ^a	3,56	± 0,18 ^b
Elasticidad	5,43	± 0,17 ^b	6,18	± 0,17 ^a
Dulzor	5,71	± 0,17 ^a	4,75	± 0,18 ^b
Acidez	3,64	± 0,16 ^b	5,49	± 0,19 ^a
Sabor frutal	4,96	± 0,19 ^a	5,38	± 0,20 ^a

Medias y errores estándar de la media (SE). Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0.05$.

Figura 23. Representación de la valoración de los atributos sensoriales realizada por los consumidores en los caramelos control y optimizados.



A pesar de estas diferencias de puntuación, los consumidores no mostraron una preferencia clara entre los caramelos control y mejorados (**tabla 66 y figura 24**) en cuanto a la textura (dureza y elasticidad), pero sí en cuanto al sabor. Los consumidores prefirieron el sabor frutal de los caramelos de goma optimizados, si bien su menor dulzor fue valorado negativamente, mientras que la acidez fue puntuada igual en ambos tipos de caramelos. Finalmente, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la preferencia global, un 55,3% de los panelistas prefirieron los caramelos de goma elaborados con fibra y edulcorantes frente a un 44,7% que prefirieron los caramelos control (**figura 25**).

En varios estudios sobre gelatinas hipocalóricas elaboradas con zumo de uva se encontró que el empleo de una mezcla de gomas ricas en fibra (xantana y garrofín) incrementa la cohesividad de las gelatinas (Sousa et al. 1995; Gaspar et al., 1998). Harrington y Morris (2009), estudiaron mezclas de gelatina con varios polisacáridos solubles, entre ellos, la inulina, y no encontraron cambios significativos en la resistencia del gel (módulo de Young) para las concentraciones de inulina hasta el 15% en peso; por el contrario, otro estudio sugiere que la inulina inhibe la agregación de las hélices de gelano dando como resultado una disminución de la resistencia del gel (Evageliou et al., 2010). Los caramelos sin azúcares elaborados en este estudio no mostraron diferencias de elasticidad cuando se analizaron instrumentalmente, sin embargo, el panel de catadores determinó que eran más elásticos que los caramelos control.

Tabla 66. Comparativa de la aceptabilidad mostrada por los consumidores para los caramelos control y optimizados nutricionalmente.

	Caramelo control		Caramelo sin azúcares	
	M	SE	M	SE
Dureza	3,52	± 0,09	3,71	± 0,10
Elasticidad	3,53	± 0,09	3,70	± 0,09
Dulzor	3,64	± 0,11 ^a	3,23	± 0,11 ^b
Acidez	3,24	± 0,11	3,36	± 0,11
Sabor frutal	3,19	± 0,11 ^b	3,43	± 0,10 ^a

Medias y errores estándar de la media (SE). Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0.05$.

Figura 24. Representación de la aceptabilidad mostrada por los consumidores para los caramelos control y optimizados.

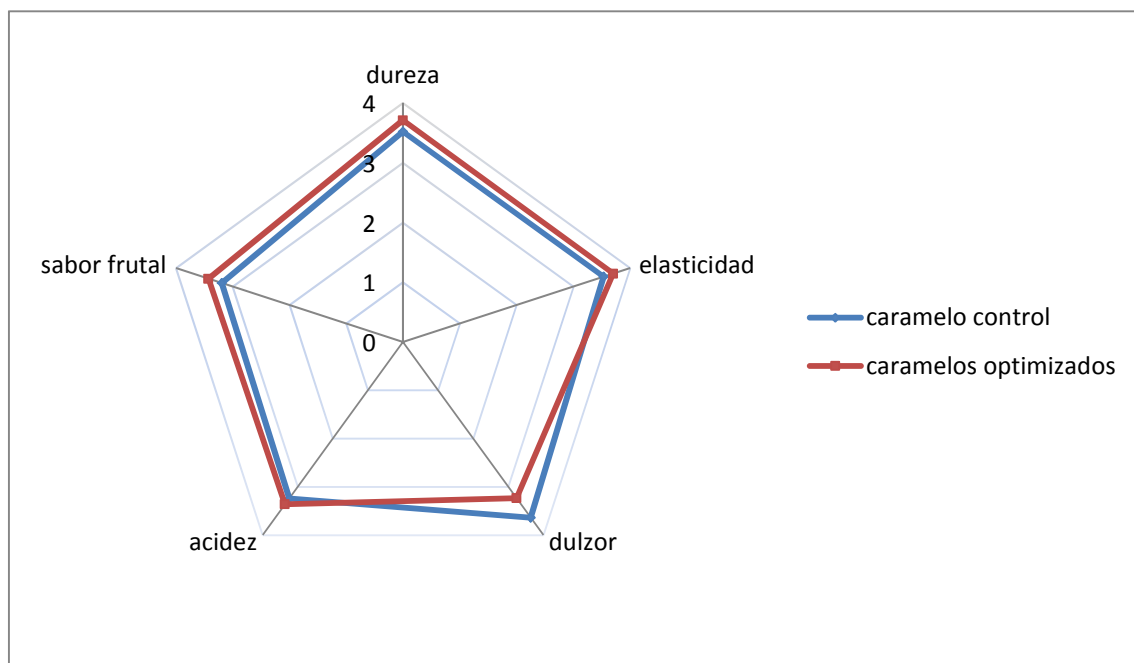
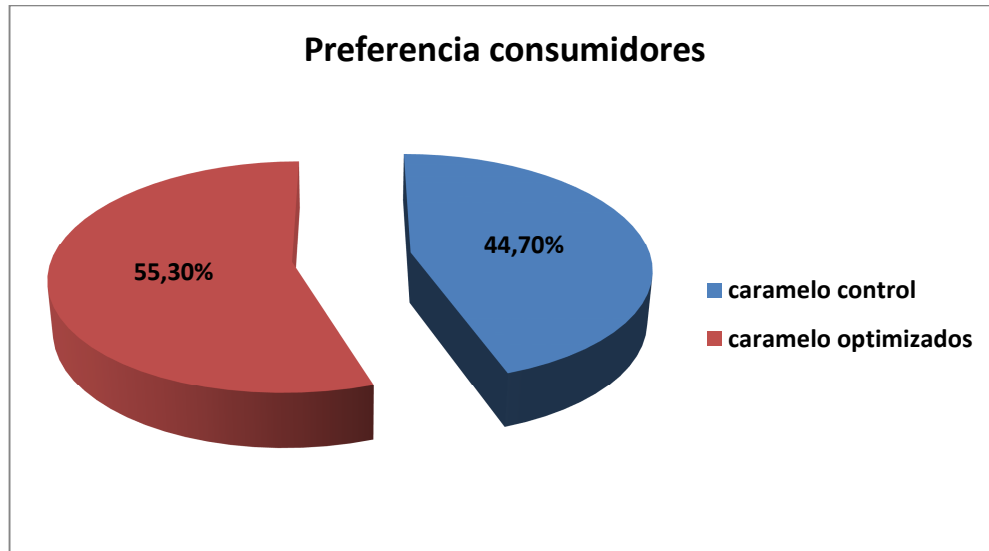


Figura 25. Representación de la preferencia mostrada por los consumidores para los caramelos control y optimizados.



Los edulcorantes también se usan para impartir propiedades de textura, apariencia, de sensación de boca y aromas específicos. Debido a su amplio uso en confecciones azucaradas, estos sistemas han sido bien estudiados (Kuan et al., 2016), pero es apenas recientemente que los alimentos sin azúcar o con azúcar reducido (usando edulcorantes bajos en calorías o sin calorías) se han popularizado, por lo que estos compuestos no han sido tan bien estudiados en geles dulces (Shankar et al., 2013; Cai et al., 2017). Cai et al. (2017) concluyeron que la incorporación de xilitol a la formulación por encima del 3% disminuye la fuerza del gel de gelatina. Periche et al. (2014), encontraron que las combinaciones de isomaltulosa: fructosa (30:70 y 50:50) disminuyen la actividad de agua e incrementan la humedad de los caramelos de goma debido a la capacidad de retención de agua de tales ingredientes. Así, los caramelos elaborados con edulcorantes se mostraron menos duros, menos gomosos, aunque más cohesivos. En este estudio, los caramelos elaborados con isomaltulosa: fructosa (30:70) resultaron mejor puntuados en una escala de aceptabilidad para la apariencia, el color, el dulzor y la aceptabilidad global, mientras que, los atributos de textura como la dureza, la elasticidad, la gomosidad y la cohesividad obtuvieron

puntuaciones más bajas. Aranda-González et al. (2015), en un estudio sobre caramelos de goma reducidos en calorías, demostró que los caramelos con estevia (<1%) fueron más blandos cuanto mayor fue el grado de sustitución de azúcares. Rayo et al. (2010), observaron que los caramelos de goma sin azúcares (jarabe de maltitol 62% y sucralosa 1%) fueron más blandos, aunque sensorialmente fueron mejor aceptados en cuanto a sabor, dureza y color que las muestras control.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, parece factible introducir en el mercado un nuevo caramelo de goma elaborado con gelatina, fibra dietética y edulcorantes, sin que se produzca una pérdida significativa de aceptación por parte de los consumidores. En todo caso, los procedimientos aplicados a escala piloto deberían ser reconsiderados y, en caso necesario, ajustados, para su posible implementación a escala industrial. Dejando a un lado las cuestiones tecnológicas, la sustitución del almidón y los azúcares por fibras y edulcorantes conlleva además una importante reducción calórica.

5.4.2. Estudio de deterioro de los caramelos de goma con fibra y edulcorantes.

Otro importante aspecto a tener en cuenta son las diferencias de estabilidad entre los caramelos de goma elaborados alternativamente con azúcares y edulcorantes. Los cambios físico-químicos que ocurren en los caramelos de goma durante su almacenamiento pueden producir una pérdida de las cualidades organolépticas (olor, sabor, color, textura) del producto (Subramaniam, 2016). De entre todos estos cambios, la desecación es probablemente el factor más limita la vida útil de los caramelos de goma (Ergun et al., 2010), de modo que las variaciones en la temperatura y humedad ambiental pueden afectarles significativamente. Por estos motivos, los estudios de vida útil de los caramelos de goma deben incluir, tanto pruebas que evalúen los cambios en las propiedades físico-químicas relacionadas con el contenido en humedad, como análisis de textura que monitoricen los cambios de la misma en función del tiempo.

Los FOS y los polialcoholes, como el maltitol e isomalt, gracias a sus propiedades humectantes, son sustancias idóneas para incorporar a los caramelos

de goma. Los humectantes contienen grupos hidroxilo con una gran afinidad para formar enlaces de hidrógeno con moléculas de agua. Por tanto, contribuyen a retener más agua en las confecciones azucaradas, minimizando su endurecimiento y alargando su vida útil (Subramaniam, 2016).

Los caramelos de goma se almacenaron bajo condiciones controladas de humedad (40%) y temperatura (25 °C) durante 6 semanas, periodo durante el cual se monitorizaron los cambios de textura y de otros parámetros relacionados con la migración del agua, tales como la humedad, la concentración de sólidos solubles y actividad de agua. La humedad relativa de almacenamiento se seleccionó teniendo en cuenta la humedad relativa media mínima en la Región de Murcia (40%) y se decidió aplicar una temperatura constante de 25 °C, ya que un valor superior podía producir una pérdida de la estructura debido a la fusión de la gelatina. Las condiciones del ensayo son parecidas a las que Subramaniam (2007) utilizó (25 °C y 50% H.R.) para producir un deterioro acelerado en gomas y jaleas.

La **tabla 67** y **figura 26** muestran el efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad de los caramelos de goma control y optimizados. Como era de esperar, bajo tales condiciones de almacenamiento, ocurrió una migración de agua del producto hacia el ambiente y se produjo una disminución de humedad y actividad de agua y un aumento de los sólidos solubles totales. El efecto del tiempo de almacenamiento sobre la humedad y los grados brix fue menos pronunciado en los caramelos optimizados, es decir, que éstas se desecaron en menor medida que a los caramelos control, lo cual es importante teniendo en cuenta que los valores iniciales de ambos parámetros para ambos tipos de caramelos fueron similares. Del mismo modo, la diferencia de actividad de agua de los caramelos sin azúcares entre día 0 y día 42 fue mayor que en los caramelos control.

La **tabla 68** y **figura 27** muestran el efecto del tiempo de almacenamiento sobre la textura instrumental de los caramelos de goma control y optimizados. Como también era de esperar, los cambios de textura observados se derivan de la desecación del producto durante el periodo de almacenamiento. En general, al cabo de 42 días, los caramelos se volvieron más duros, gomosos y masticables, si bien estas diferencias fueron menores en el caso de los caramelos optimizados, ya que tuvieron que transcurrir 42 días para detectar cambios significativos de dureza, gomosidad y masticabilidad con respecto a los valores iniciales, mientras que en los caramelos de goma control dichos cambios fueron apreciable en el día 14 de almacenamiento. La cohesividad, sin embargo, sólo disminuyó en los caramelos optimizados, a diferencia de los caramelos control, si bien, la cohesividad de ambos tipos de caramelos se igualó hacia el final del estudio. La elasticidad de los caramelos de goma optimizados no resultó afectada por el tiempo de almacenamiento, pero, en cambio, se observó una pérdida de elasticidad en los caramelos control.

Tabla 67. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los parámetros físico-químicos relacionados con la deshidratación de los caramelos de goma control y optimizados.

	Tiempo	Caramelo control		Caramelo optimizado	
	Días	M	SE	M	SE
Humedad	0	17,7 ± 0,78	^a	16,7 ± 0,28	^{ab}
	7	16,7 ± 0,36	^a	17,2 ± 0,68	^a
	14	16,0 ± 0,60	^{ab}	16,5 ± 0,58	^{ab}
	21	14,0 ± 0,32	^{b,y}	14,9 ± 0,46	^{b,x}
°Brix	0	81,1 ± 0,06	^d	80,8 ± 0,14	^c
	7	81,3 ± 0,32	^d	80,9 ± 0,22	^c
	14	81,7 ± 0,14	^{d,x}	80,4 ± 0,47	^{c,y}
	21	85,8 ± 0,09	^{b,x}	84,9 ± 0,26	^{b,y}
	28	83,8 ± 0,22	^c	84,4 ± 0,20	^b
	35	85,2 ± 0,25	^b	84,8 ± 0,22	^b
	42	86,8 ± 0,16	^{a,x}	86,4 ± 0,16	^{a,y}
a _w	0	0,67 ± 0,01	^a	0,66 ± 0,01	^a
	7	0,57 ± 0,01	^b	0,55 ± 0,01	^b
	14	0,53 ± 0,01	^c	0,53 ± 0,01	^{bc}
	21	0,53 ± 0,01	^c	0,54 ± 0,01	^{bc}
	28	0,56 ± 0,00	^{b,x}	0,54 ± 0,00	^{bc,y}
	35	0,55 ± 0,00	^{bc,x}	0,54 ± 0,01	^{bc,y}
	42	0,55 ± 0,00	^{bc,x}	0,52 ± 0,16	^{c,y}

Medias (M) y errores estándar de la media (SE). Medias con diferentes superíndices son diferentes para P≤0.05. ^{a, b, c} efectos del tiempo de almacenamiento. ^{x, y} efectos de la formulación.

Figura 26. Representación del efecto del tiempo de almacenamiento sobre los valores de humedad, sólidos solubles totales y actividad de agua de los caramelos de goma control (0) y optimizados (1).

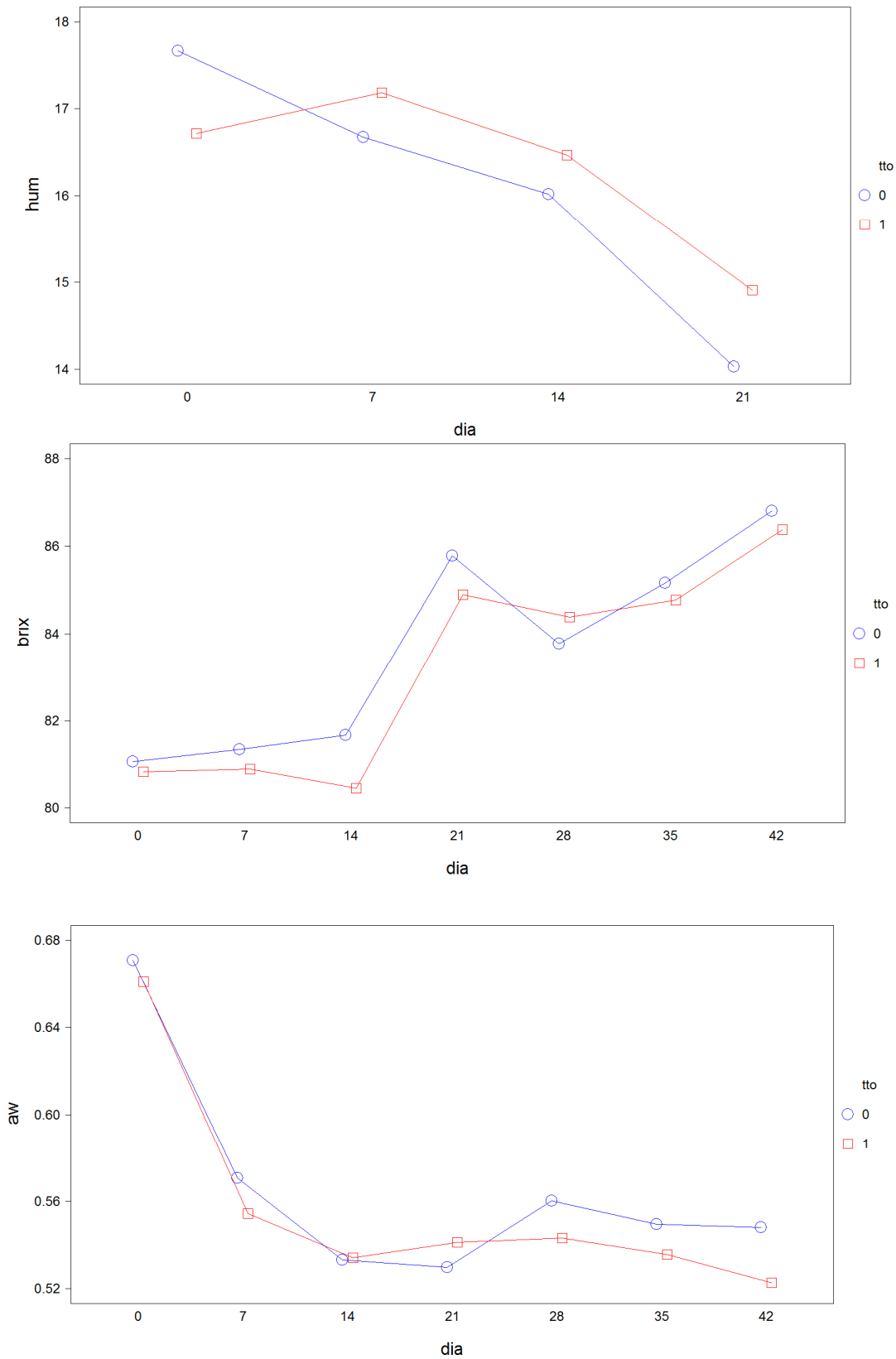


Tabla 68. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la textura instrumental de los caramelos de goma control y optimizados.

	Tiempo	Caramelo control		Caramelo optimizado			
		Día	M	SE	M	SE	
Dureza	0	25,43	± 0,89	^{ef,x}	14,94	± 1,47	^{d,y}
	7	22,50	± 1,26	^{f,x}	14,20	± 1,22	^{d,y}
	14	37,88	± 1,79	^{de,x}	20,09	± 1,35	^{cd,y}
	21	41,05	± 1,77	^{cd,x}	21,21	± 1,88	^{cd,y}
	28	54,00	± 2,95	^{bc,x}	24,61	± 1,64	^{bc,y}
	35	69,44	± 5,50	^{a,x}	35,82	± 2,31	^{a,y}
	42	67,40	± 3,58	^{a,x}	31,11	± 2,21	^{ab,y}
Gomosidad	0	16,29	± 0,87	^{cd,x}	10,72	± 0,80	^{d,y}
	7	14,02	± 0,62	^{d,x}	9,92	± 0,63	^{d,y}
	14	21,56	± 1,33	^{cd,x}	12,37	± 0,70	^{cd,y}
	21	26,09	± 1,49	^{c,x}	13,97	± 0,98	^{cd,y}
	28	36,50	± 3,07	^{b,x}	16,17	± 0,89	^{bc,y}
	35	43,54	± 2,87	^{a,x}	24,10	± 1,56	^{a,y}
	42	39,34	± 0,84	^{a,x}	19,77	± 1,49	^{ab,y}
Cohesividad	0	0,64	± 0,02	^y	0,73	± 0,03	^{a,x}
	7	0,63	± 0,02	^y	0,71	± 0,02	^{ab,x}
	14	0,57	± 0,02	^y	0,62	± 0,01	^{c,x}
	21	0,63	± 0,02		0,67	± 0,02	^{abc}
	28	0,67	± 0,03		0,66	± 0,02	^{abc}
	35	0,63	± 0,04		0,67	± 0,02	^{abc}
	42	0,60	± 0,04		0,64	± 0,02	^{bc}

Medias (M) y errores estándar de la media (SE). Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0.05$. ^{a, b, c} efectos del tiempo de almacenamiento. ^{x, y} efectos de la formulación.

Tabla 68(cont.). Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la textura instrumental de los caramelos de goma control y optimizados.

	Tiempo	Caramelo control		Caramelo optimizados		
		Día	M	SE	M	SE
Masticabilidad	0	57,3	± 1,25	^{b,x}	37,9	± 1,34 ^{de,y}
	7	54,7	± 2,22	^{b,x}	36,8	± 2,46 ^{e,y}
	14	76,5	± 5,72	^{b,x}	42,7	± 2,17 ^{de,y}
	21	81,7	± 4,66	^{b,x}	50,9	± 2,56 ^{cd,y}
	28	129,1	± 9,75	^{a,x}	60,5	± 2,54 ^{bc,y}
	35	152,2	± 9,11	^{a,x}	80,3	± 5,16 ^{a,y}
	42	88,7	± 15,2	^b	68,6	± 4,70 ^{ab}
Elasticidad	0	3,60	± 0,21	^b	3,64	± 0,63
	7	3,90	± 0,08	^b	3,76	± 0,05
	14	3,54	± 0,07	^b	3,46	± 0,06
	21	3,50	± 0,10	^b	3,74	± 0,09
	28	3,55	± 0,09	^b	3,72	± 0,07
	35	3,47	± 0,07	^b	3,45	± 0,07
	42	2,21	± 0,37	^{a,y}	3,49	± 0,08 ^x

Medias (M) y errores estándar de la media (SE). Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0.05$. ^{a, b, c} efectos del tiempo de almacenamiento. ^{x, y} efectos de la formulación.

Figura 27. Representación del efecto del tiempo de almacenamiento sobre la textura instrumental de los caramelos de goma control (0) y optimizados (1).

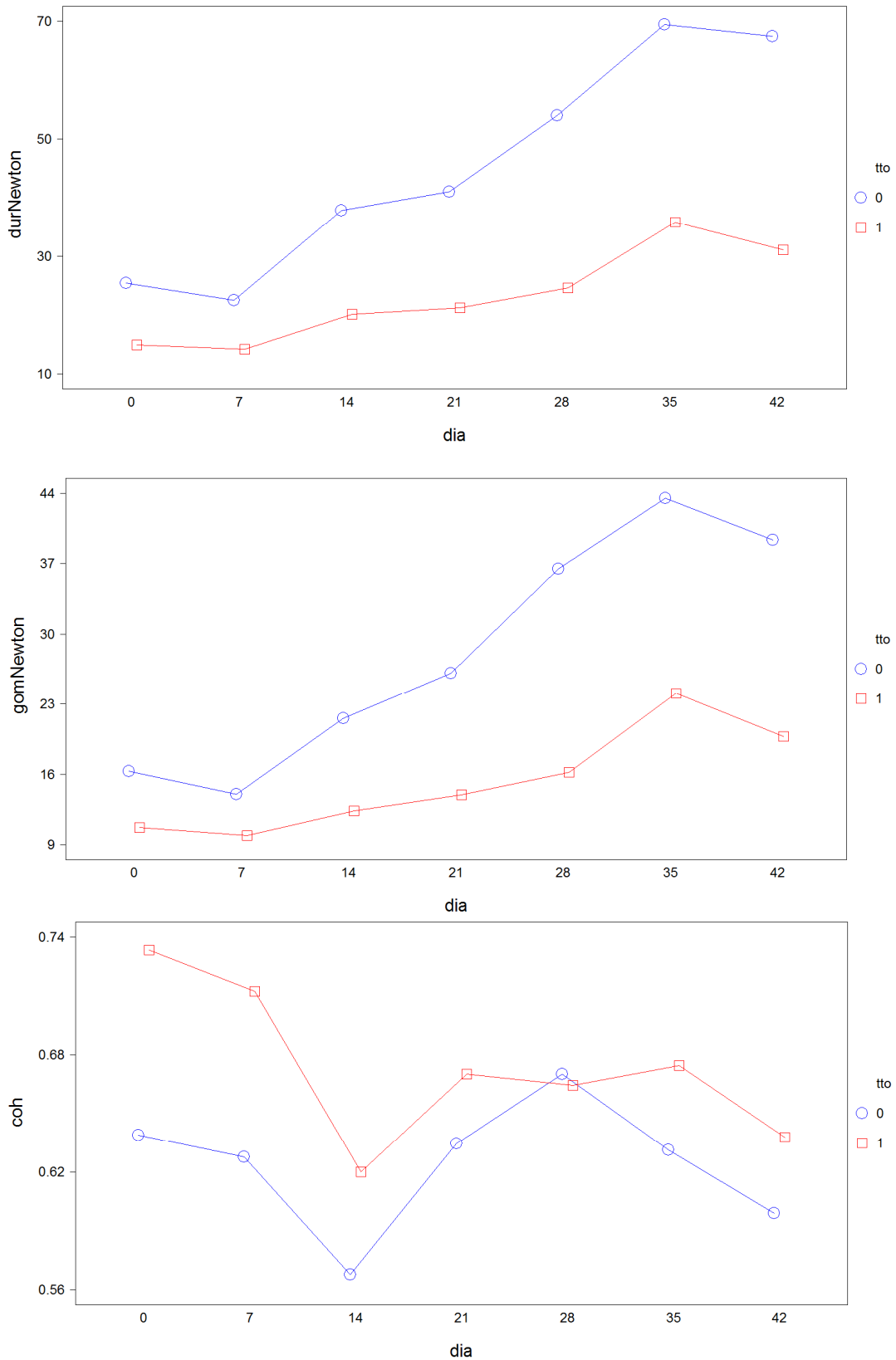
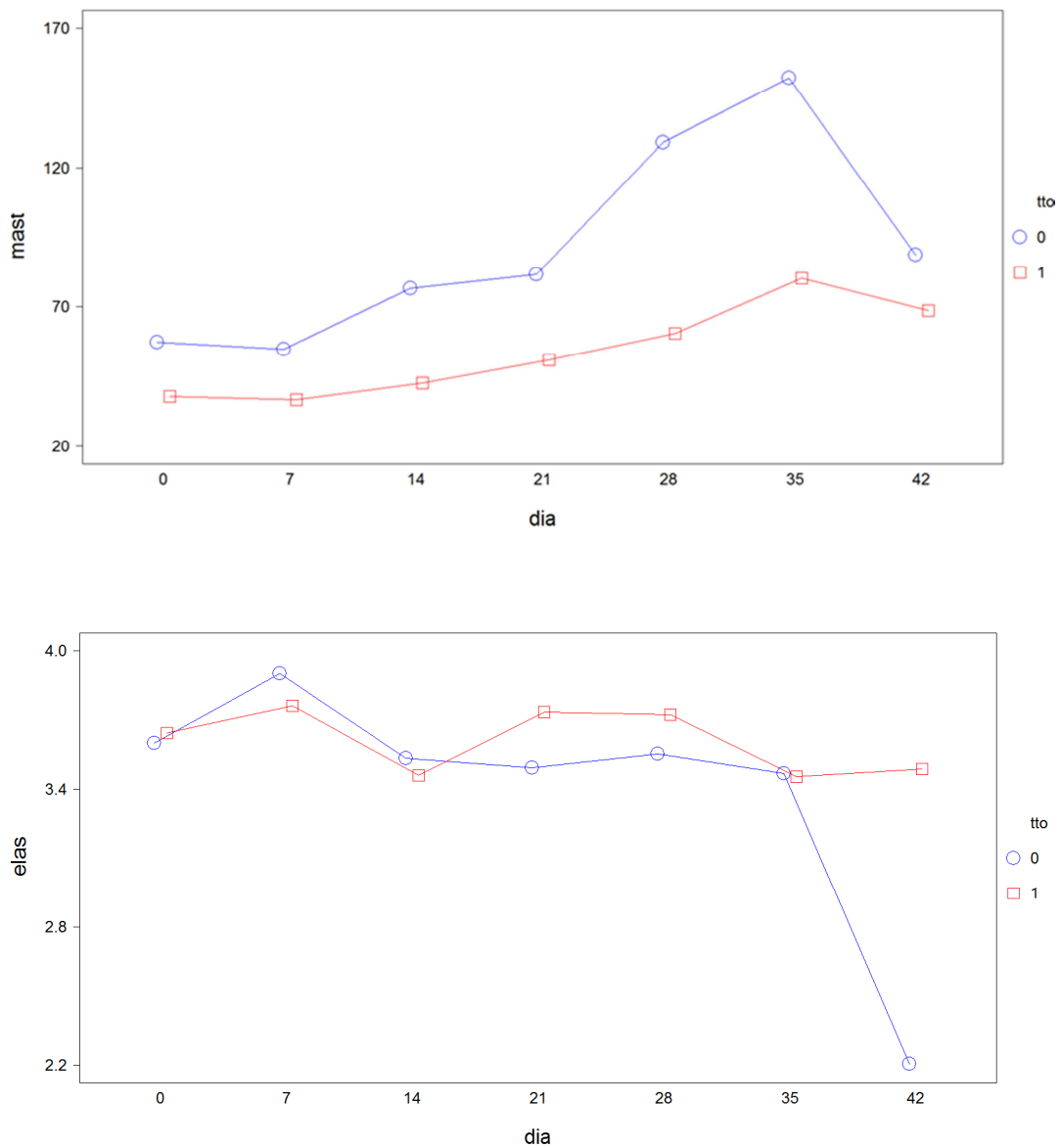


Figura 27 (cont.). Representación del efecto del tiempo de almacenamiento sobre la textura instrumental de los caramelos de goma control (0) y optimizados (1).



El agua tiende a migrar fuera en los caramelos de goma cuando su humedad relativa en el equilibrio es mayor que la del exterior, dando lugar a una desecación del mismo, que puede conducir a un progresivo endurecimiento del caramelo y un probable rechazo por parte de los consumidores, y por tanto, al final de su vida útil (Subramaniam, 2007; Ergun et al., 2010). Bajo las condiciones de temperatura y humedad relativa establecidas en nuestro estudio, el tiempo de almacenamiento afectó directamente a las variables relacionadas con la migración de agua de los caramelos de goma, que a su vez tuvieron como consecuencia cambios en la textura. Los caramelos de goma tenían una actividad de agua media inicial de 0,665 (66,5 H.R.E.) y fueron almacenados en una atmósfera del 40% H.R. Al comparar la velocidad de deshidratación de ambos tipos de caramelos, se comprobó que el contenido en humedad se fue reduciendo con mayor velocidad en los caramelos azucarados que en los edulcorados, lo que parece confirmar que los FOS y polialcoholes utilizados aportan mejores propiedades humectantes que los azúcares convencionales a este tipo de productos, lo que resulta muy interesante para extender su vida comercial.

Los cambios de humedad afectan directamente a las propiedades de textura de los caramelos de goma (Roos y Karel, 1991; Ergun et al., 2010). Además, si se emplean almidones como agentes gelificantes, los cambios de la textura en función del tiempo se producen a medida que la amilopectina y el azúcar se recristalizan, volviéndose más rígidos, en un fenómeno conocido como retrogradación, (Steiner et al., 2003), por lo se requiere más fuerza para comprimir el caramelo. En los caramelos de almidón, un descenso de humedad conduce a un reordenamiento más rápido del almidón y a un incremento significativo en la dureza (Roos, 1995). Eeles et al. (2002), en un estudio de vida útil en caramelos de goma almacenados a 20 °C/50% H.R., también encontró cambios de humedad producidos por las diferencias de humedad relativa entre los caramelos y el ambiente que llevaron a una deshidratación parcial del producto.

En confecciones azucaradas, la actividad de agua es una propiedad dependiente de la presencia del contenido en agua pero también de la presencia de azúcares disueltos y otros solutos, como edulcorantes (polialcoholes), sales y

sustancias humectantes (Ergun et al., 2010). Los ingredientes con alta solubilidad en agua y bajo peso molecular tienen un mayor efecto en la reducción de la actividad de agua. Ello explicaría por qué los caramelos control, al estar elaborados con almidón y azúcares, tuvieron una actividad de agua mayor al final del almacenamiento que los caramelos optimizados. Otros ingredientes solubles en agua, pero con un alto peso molecular, tales como proteínas, hidrocoloides y gomas, generalmente tienen menos efecto sobre la reducción de la actividad de agua (Ergun et al., 2010), si bien, como se ha visto, la crema de inulina tiene la capacidad de inmovilizar una gran cantidad de agua.

Fisher et al., (2014), también encontró cambios durante el almacenamiento (14 días a 25 °C y 38-42 %H.R.) en el contenido de humedad y algunas propiedades de textura en caramelos de goma elaborados con fibra (fresa liofilizada). Al final de dicho experimento, los caramelos perdieron humedad y resultaron más duros, gomosos y masticables si bien no observaron cambios de elasticidad. Un estudio de Habilla et al. (2011) sobre caramelos de goma suplementados con gomas (konjac y Psilio) almacenados durante 8 semanas (30 °C), determinó que la cohesividad de los caramelos aumenta con la adición de la fibra, aunque disminuye progresivamente durante el almacenamiento. Así mismo, en este estudio, la masticabilidad de los caramelos con fibra aumentó en función del tiempo. Adicionalmente, la incorporación de fibras mejoró la capacidad de retención de agua de los caramelos. Hani et al. (2015) observaron un incremento de la dureza y gomosidad similares a los del presente estudio cuando almacenaron (8 semanas/25 °C) caramelos de goma enriquecidos con fibra (25% puré de fruta de dragón), del mismo modo, la elasticidad y cohesividad de estos caramelos no mostraron cambios significativos durante el almacenamiento.

La recristalización es un defecto de calidad en los productos formulados de baja humedad y altas concentraciones de solutos que son almacenados durante largos periodos de tiempo, como es el caso de los caramelos de goma. La probabilidad de sufrir fenómenos de recristalización es directamente proporcional al grado de deshidratación de la matriz alimentaria. El contenido de humedad y de actividad de agua límite para que una confección azucarada cristalice es alrededor

del 4% y entre 0,20 y 0,40, respectivamente (Lees, 1996). Durante el tiempo que duró el estudio de deterioro (6 semanas), no se observó ningún proceso de cristalización de los caramelos de goma. Los valores mínimos de actividad de agua y humedad obtenidos en los caramelos optimizados fueron 0,52 y 14,9%, respectivamente, siendo por tanto valores muy superiores a los establecidos por Lees (1996), lo que proporcionaría un amplio margen tecnológico de cara a la vida útil de este tipo de caramelos.

Finalmente, como dato complementario, se estudió la relación entre el grado de deshidratación y la textura de los caramelos de goma. La **tabla 69** muestra los coeficientes de correlación de Pearson entre variables físico-químicas y textura instrumental en los caramelos control y optimizados almacenados en el tiempo. En general, se observó correlación entre las variables relacionadas con el contenido de agua y la textura, aunque con ciertas excepciones. La humedad estuvo correlacionada con la dureza y otros atributos calculados a partir de la misma, como la gomosidad y masticabilidad, siendo los coeficientes de correlación mayores en los caramelos optimizados. La humedad también estuvo correlacionada con la elasticidad, pero sólo en los caramelos optimizados. La actividad de agua también estuvo correlacionada con la dureza, gomosidad y masticabilidad, aunque en menor medida que la humedad. La actividad de agua sólo estuvo correlacionada con la cohesividad en los caramelos sin azúcares. Por último, la concentración de sólidos solubles también estuvo correlacionada con la dureza, gomosidad y masticabilidad, sobre todo en los caramelos control, donde los coeficientes de correlación fueron algo mayor, en cambio, no hubo correlación entre la concentración de sólidos solubles y otras propiedades de textura, como la cohesividad o la elasticidad.

Básicamente los caramelos se volvieron más duros, gomosos y masticables durante el almacenamiento por la pérdida gradual de humedad y el incremento relativo de sustancias hidrocoloides y azúcares en el producto. Al analizar las diferentes variables, se vio que los valores de humedad y sólidos solubles parecen aportar más información sobre los cambios de textura de los caramelos de goma que el valor de actividad de agua, especialmente en los caramelos optimizados, los

que retuvieron más agua. Se ha visto que los alimentos con una menor actividad de agua tienen más probabilidades de sufrir fenómenos de endurecimiento (Troller y Christian, 1978, Bourne, 1987 y 1992). Eeles et al. (2002) estudiaron el efecto sobre la textura de los caramelos de goma con diferentes agentes gelificantes almacenados durante 10 semanas y encontraron que el efecto de la humedad sobre la masticabilidad dependía de la formulación de los otros ingredientes, lo cual es lógico, ya que la textura es una propiedad resultante de la interacción entre el agua, los hidrocoloides y azúcares presentes en este tipo de caramelos.

Los coeficientes de correlación obtenidos parecen confirmar la relación directa entre la pérdida de humedad y la textura en estos caramelos y ponen de manifiesto el interés en emplear ingredientes con mejores propiedades humectantes que contribuyan a estabilizar la textura de los caramelos durante el mayor tiempo posible. Por lo tanto, la incorporación de FOS y edulcorantes a los caramelos de goma presentaría, tanto ventajas nutricionales, como tecnológicas.

Tabla 69. Correlaciones de Pearson entre variables físico-químicas y de textura instrumental en los caramelos control y optimizados almacenados en el tiempo.

		Humedad	a _w	°Brix
Dureza	Control	-0,42**	-0,43**	0,57***
	Optimizados	-0,78***	-0,40*	0,39*
Gomosidad	Control	-0,35*	-0,36*	0,56***
	Optimizados	-0,58***	-0,36*	0,48**
Cohesividad	Control	-0,02	0,02	0,22
	Optimizados	0,06	0,43**	-0,04
Masticabilidad	Control	-0,35*	-0,35*	0,48***
	Optimizados	-0,48**	-0,38*	0,61***
Elasticidad	Control	0,06	0,09	-0,19
	Optimizados	0,39*	0,17	0,09

Niveles de significación: ***: P≤0,001; **: P≤0,01; *: P≤0,05

6. CONCLUSIONES

Primera. La incorporación de derivados de fruta mejora la calidad sensorial de los caramelos de goma y permite declarar cierto contenido en fruta. El concentrado de uva blanca confiere las mejores propiedades sensoriales (color neutro, dulzor y suave sabor a mosto) y puede ser empleado en todo tipo de caramelos frutales, el concentrado de manzana y el puré de frambuesa son compatibles con los caramelos de fresa y frambuesa, el concentrado de piña es compatible con los caramelos de melocotón y naranja, mientras que el concentrado de uva tinta aporta un color muy intenso y solo es apto para caramelos de color morado. En cualquier caso, los derivados de fruta no reproducen los aromas y colores frutales específicos y no se puede prescindir de los aromas y colorantes añadidos.

Segunda. La incorporación de derivados de fruta modifica la textura original de los caramelos de goma debido a que disminuye la proporción de agentes gelificantes en el producto final. Por ello resulta necesario corregir el contenido en jarabe de glucosa para obtener caramelos con una textura reproducible. Una vez solucionado este problema, es posible añadir una cantidad considerable de concentrado de uva blanca sin problemas para su calidad, lo que a su vez permite declarar un alto porcentaje de zumo de fruta en el etiquetado.

Tercera. Es posible sustituir los colorantes azoicos rojo Allura y Tartracina por colorantes naturales equivalentes (ácido carmínico, Curcumina y oleoresina de pimentón). Dichos colorantes naturales no alteran el sabor y proporcionan un color reproducible y estable durante el almacenamiento, lo que abre la puerta al desarrollo de nuevos caramelos de goma más saludables y evita tener que hacer declaraciones nutricionales de hiperactividad en los niños. Por tanto, se recomienda el uso de colorantes naturales siempre y cuando se apliquen estrategias tecnológicas que los preserven de una posible degradación que pueda alterar el color de los caramelos de goma.

Cuarta. La inulina puede ser adicionada como fibra alimentaria gelificante en los caramelos de gelatina y almidón ya que es un ingrediente sensorialmente neutro, con un flavor indetectable, que solo aclara ligeramente el color y que

incrementa ligeramente la fuerza del gel, obteniéndose caramelos algo más firmes. En general, la incorporación de inulina no merma la calidad sensorial de los caramelos de goma y además el producto final puede ser etiquetado como rico en fibra ($\geq 6\%$) o fuente de fibra ($\geq 3\%$).

Quinta. El almidón de maíz tratado con ácido diluido puede reemplazarse por crema de inulina de achicoria como co-agente gelificante en los caramelos de gelatina. A diferencia del gel de almidón, la crema de inulina se puede elaborar mediante agitación en caliente sin cocción previa, lo que simplifica el procedimiento de fabricación y elimina el tratamiento térmico requerido para gelatinizar el almidón. La sustitución de almidón por crema de inulina proporciona a los caramelos una textura algo más blanda, aclara levemente el color rojo y potencia los sabores frutales, dulces y ácidos típicos. Además de las ventajas tecnológicas, la sustitución de almidón por inulina conlleva una reducción de carbohidratos asimilables y supone una estrategia útil para desarrollar nuevos caramelos de goma menos calóricos y enriquecidos en fibra dietética con potencial actividad prebiótica.

Sexta. Es posible sustituir totalmente el almidón y los azúcares de los caramelos de goma por ingredientes menos calóricos y/o potencialmente funcionales, incluyendo fibras como la inulina y sus fructooligosacáridos, junto con edulcorantes naturales como el maltitol y el isomalt. A pesar de que dicha sustitución conlleva un cambio esencial en la formulación de este tipo de caramelos, tras los consiguientes ajustes tecnológicos, es posible obtener un producto final con unas características sensoriales bastante reproducibles y algo más resistente a la desecación. Los caramelos de goma elaborados con fibras y edulcorantes tienen una textura algo más blanda y un sabor frutal más intenso, aunque también algo menos dulce, si bien estos cambios sensoriales no afectan a su aceptabilidad por el consumidor. Por tanto, es posible desarrollar nuevos caramelos de goma sin azúcares añadidos y enriquecidos con fibra dietética destinados a consumidores específicos.

7. RESUMEN / ABSTRACT

La presente tesis doctoral se enmarca dentro de un proyecto de investigación industrial y aborda la mejora nutricional y sensorial de golosinas mediante la aplicación de distintas estrategias tecnológicas. El objetivo fue desarrollar nuevos caramelos de goma (con base de gelatina) con mejores propiedades sensoriales y nutricionales. Para ello, se aplicaron cuatro estrategias que consistieron en: i) incorporar derivados de fruta; ii) sustituir colorantes azoicos por naturales; iii) sustituir almidón por inulina; y iv) sustituir azúcares por fructooligosacáridos y edulcorantes.

En el primer ensayo, se incorporaron cinco derivados de fruta (uva blanca, uva tinta, piña, manzana y frambuesa) en dosis de 0, 5 y 10% a caramelos de goma de 4 formatos frutales diferentes (fresa, frambuesa, naranja y melocotón). La adición de derivados de fruta afectó sobre todo al color y la textura de los caramelos en función de la dosis y del tipo de ingrediente, ya que redujo la proporción relativa de otros componentes. El concentrado de uva blanca fue el que mejores resultados proporcionó, ya que aportaba un color bastante neutro y un agradable sabor a mosto compatible con todos los aromas frutales ensayados. La sustitución de azúcares del concentrado por una proporción equivalente de jarabe de glucosa consiguió mejorar la textura de los caramelos, siendo posible añadir hasta un 10% de concentrado de uva blanca sin alterar la calidad de los caramelos declarando al mismo tiempo hasta un 40% de zumo de fruta en el etiquetado.

En el segundo ensayo, se sustituyeron los colorantes azoicos, rojo Allura y Tartracina, por colorantes naturales equivalentes, como rojo Cochinilla, Curcumina, extracto de fresa y oleorresina de pimentón. Los mejores resultados se alcanzaron con rojo Cochinilla y Curcumina. En general, la mayoría de los colorantes naturales ensayados no alteraron el sabor y proporcionaron un color bastante reproducible y estable durante 6 meses almacenamiento, lo que abre a la puerta al desarrollo de nuevos caramelos de goma más saludables y además evita tener que hacer declaraciones nutricionales de hiperactividad en los niños.

En el tercer ensayo se desarrollaron caramelos de goma enriquecidos con fibra dietética. La incorporación de hasta un 6% de inulina en la fórmula original produjo pequeños cambios en la textura y el color de los caramelos, siendo posible declarar hasta un 8,4% de fibra alimentaria en el producto, bien como “fuente de fibra” (≥ 3 -6%), o como “enriquecido con fibra” (≥ 6 %). La sustitución total del almidón por crema de inulina fue posible cuando se desarrollaron las propiedades gelificantes de la inulina mediante un proceso previo de homogenización (11.500 rpm) durante 5 minutos. Los caramelos elaborados con gelatina y crema de inulina presentaron una textura bastante parecida a la de los caramelos de referencia y se consiguió potenciar el sabor frutal y el dulzor del producto. Además, las condiciones de fabricación fueron reajustadas de forma que se pudo minimizar la degradación de la inulina en azúcares simples.

Finalmente, se desarrolló un caramelo optimizado nutricionalmente mediante la sustitución del almidón, la sacarosa y el jarabe de glucosa por crema de inulina, fructooligosacáridos, maltitol e isomalt. Los caramelos con fibra y edulcorados presentaron inicialmente una textura algo más blanda y menos elástica que el producto de referencia, pero estas diferencias de textura se compensaron tras 42 días de almacenamiento a 25 °C y 40% H.R. gracias a las mejores propiedades humectantes de los ingredientes optimizados. Además, los caramelos edulcorados presentaron un sabor frutal más intenso y menos dulce. En cualquier caso, los cambios sensoriales derivados del uso de fibras y edulcorantes no afectaron a la aceptabilidad del producto, lo que permite desarrollar nuevos caramelos de goma sin azúcares añadidos y enriquecidos con fibra dietética destinados a consumidores específicos.

This doctoral thesis is part of an industrial research project that addresses the nutritional and sensorial improvement in candies through the application of different technological strategies. The objective was to develop new gummy (gelatine-based) jellies with better sensory and nutritional properties. For this, four strategies were applied: i) the use of fruit derivatives; ii) replacement of azo by natural colouring agents; iii) the replacement of starch by inulin fibre; and iv) the replacement of sugars and syrup by fructooligosaccharides and sweeteners.

Firstly, five fruit derivatives (white grape, grape, pineapple, apple and raspberry) were incorporated at 0, 5 and 10% to gummy jellies of four different fruit formats (strawberry, raspberry, orange and peach). The addition of fruit derivatives mainly affected the colour and texture, depending on the dose and type of ingredient used, since it reduced the relative proportion of other jelly components. The best results were achieved with white grape concentrate because it provided a quite neutral colour and a pleasant flavour, which were compatible with all the fruit flavouring agents tested. The replacement of sugars of the concentrate with an equivalent proportion of sugars from glucose syrup was able to improve jelly texture. This readjust made possible to add up to 10% white grape concentrate without altering jelly quality, and a proportion of up to 40% fruit juice may be declared in the product label.

In the second trial, two azo colouring agents, Allura red and tartrazine, were replaced by equivalent natural colourings, such as carminic acid, curcumin, strawberry extract and paprika oleoresin. The best results were achieved with carminic acid and curcumin. In general, the natural colourings tested did not alter the flavour and provided a fairly reproducible and stable colour for 6 months of storage, which opens the door to the development of new healthier gummy jellies and also avoids having to make nutritional statements of hyperactivity in children.

Gummy jellies enriched with dietary fibre were developed in the third trial. The incorporation of up to 6% inulin to the reference product resulted in little changes of texture and colour in jellies. This would make possible to declare up to 8.4% dietary fibre in the final product, either as a "source of fibre" ($\geq 3-6\%$), or as "fibre enriched" ($\geq 6\%$). Total replacement of starch by inulin cream was possible when the gelling properties of inulin were developed by a pre-homogenization treatment (11,500 rpm for 5 minutes). Compared with the reference product, the jellies made with gelatine and inulin cream had similar texture properties, a more intense fruity flavour and less sweetness. In addition, the manufacturing conditions were readjusted so that the inulin degradation to simple sugars was minimized.

Finally, a nutritionally optimized jelly was developed by substituting starch, sucrose and syrup by inulin cream, fructooligosaccharides, maltitol and isomalt. The jellies made with fibre and sweeteners had initially a somewhat softer and less elastic texture than the reference product, although these differences in texture were compensated after 42 days of storage at 25 ° C and 40% H.R., due to the better moisturizing properties provided by the optimized ingredients. In addition, the sweetened jellies had a more intense fruity flavor and less sweetness. In any case, the sensory changes derived from the use of fibres and sweeteners did not affect the acceptability of the product, which allows develop new gummy jellies without added sugars and enriched with dietary fibre for specific consumers.

8. REFERENCIAS

- Abassi, S. y Farzanmehr, H. 2009. Optimization of the Formulation of Prebiotic Milk Chocolate Based on Rheological Properties. *Food Technology and Biotechnology*, 47(4): 396-403
- AECOSAN, 2015. Informe del Comité Científico sobre objetivos y recomendaciones nutricionales y de actividad física frente a la obesidad en el marco de la Estrategia NAOS. pp 1-115
- Amerine, M.A., Roessler E.B., y Ough C.S. 1965. Acids and the Acid Taste. I. The Effect of pH and Titratable Acidity. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 29-37
- Anderson, J.W., Smith, B.M., y Gustafson, N.J. 1994. Health benefits and practical aspects of high-fiber diets. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59: 1242S-1247S
- Anzaldúa-Morales, A. y Brennan, J.G. 1984. La medición de la textura de frutas y verduras. I. Frutas y verduras frescas. *Tecnología Alimentaria*, 19 (2): 22-26
- Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Capítulo III: Los jueces y las condiciones de prueba. Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza, España
- AOAC. 2013. Official Method 997.08 Fructans in Food Products Ion Exchange Chromatographic Method
- Aranda-González, I., Tamayo-Dzul, O., Barbosa-Martín, E., Segura-Campos, M., Moguel-Ordoñez, Y. y Betancur-Ancona, D. 2015. Desarrollo de una golosina tipo "gomita" reducida en calorías mediante la sustitución de azúcares con Stevia rebaudiana B. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1):334-340
- Aravind, N., Sissons, M.J., Fellows, C.M., Blazek, J. y Gilbert, E.P. 2012. Effect of inulin soluble dietary fiber addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. *Food Chemistry*, 132: 993-1002
- Arnold, L.E., Lofthouse, N. y Hurt, E. 2012. Artificial Food Colors and Attention-Deficit/Hyperactivity Symptoms: Conclusions to Dye for. *Neurotherapeutics*, 9: 599

- Atichokudomchai, N., Shobsngobb, S. y Varavinita, S. 2000. Morphological properties of acid-modified tapioca starch. *Starch*, 52(8–9):283–289
- Azeredo, M.C., Santos, A.N., Souza, A.C.R., Mendes, K.C.B. y Andrade, M.I.R. 2007. Betacyanin stability during processing and storage of a microencapsulated red beetroot extract. *American Journal of Food Technology*, 2: 307–312
- Baek, I., Linforth, R.S.T., Blake, A. y Taylor, A.J. 1999. Sensory perception is related to the rate of change of volatile concentration in-nose during eating of model gels. *Chemical Senses*, 24: 155–160
- Bandol Utomo, B.S., Darmawan, M., Hakim, A.R. y Ardi, D.T. 2014. Physicochemical properties and sensory evaluation of jelly candy made from different ratio of k - carrageenan and konjac. *Squalen Bulletin of Marine & Fisheries Postharvest & Biotechnology*, 9 (1): 25-34
- Banerjee, S., Ravi, R. y Bhattacharya, S. 2013. Textural characterisation of gellan and agar based fabricated gels with carrot juice. *LWT-Food Science and Technology*, 53: 255-261
- Bañon, S.J., 2015. Estrategias para obtener caramelos y golosinas más saludables. *Dulces Noticias*, Vol. Febrero, 54--56
- Barclay, A.W., Petocz, P., McMillan-Price, J., Flood, V.M., Prvan, T., Mitchell, P. y Brand-Miller, J.C., 2008. Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk metaanalysis of observational studies. *American Journal of Clinical Nutrition* 87: 627-637
- Barton, F.E., Akin, D.E., Morrison, W.H., Ulrich, A. y Archibald, D.D. 2002. Analysis of fiber content in flax stems by near-infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 7576-7580
- Bassa, I.A. y Francis, F.J. 1987. Stability of anthocyanins from sweet potatoes in a model beverage. *Journal of Food Science*, 52: 1753-1754
- Belitz, H.D. y Grosch, W. 1999. *Food Chemistry*. Springer Verlag: Berlin, New York, 774 pp.

- Beuchat, L.R. 1981. Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Foods World* 26(7): 345-49
- Blecker, C., Chevalier, J.P., Van Herck, J.C., Fournies, C., Deroanne, C. y Paquot, M. 2001. Inulin: its physicochemical properties and technological functionality. *Recent Research and Development in Agricultural & Food Chemistry*, 5: 125–131
- Blendford, D. 1995. Colouring consumers' perceptions. *Food Ingredients and Analysis International*, 17 (2): 10–11
- Böhm, A., Kaiser, I., Trebstein, A. y Henle, T. 2005. Heat-induced degradation of inulin. *European Food Research and Technology*, 220:466–471
- Boland, A.B, Delahunty, C.M. y van Ruth, S.M. 2006. Influence of texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. *Food Chemistry*, 96:452–460
- Borwankar, R.P. 1992. Food texture and rheology: a tutorial review. *Journal of Food Engineering*, 16(1-2): 1-16
- Bot, A., Erle, U., Vreeker, R. y Agterof, W.G.M. 2004. Influence of crystallisation conditions on the large deformation rheology of inulin gels. *Food Hydrocolloids*, 18: 547–556
- Bourne, M.C. 1968. Texture profile of ripening pears. *Journal of Food Science*, 33: 223-226
- Bourne, M.C. 1982. Effect of temperature on firmness of raw fruits and vegetables. *Journal of Food Science*, 47:440–444
- Bourne, M.C. 1987. Effect of blanch temperature on kinetics of thermal softening of carrote and green beans. *Journal of Food Science*, 62: 667-668
- Bourne, M.C. 1992. Calibration of rheological techniques used for foods. *Journal of Food Engineering*, 16:151-163
- Brauch, J.E., Kroner, M., Schweiggert, R.M. y Carle, R., 2015. Studies into the stability of 3-O-glycosylated and 3,5-O-diglycosylated anthocyanins in differently purified liquid and dried maqui (*Aristotelia chilensis* (mol.) Stuntz) preparations during storage and thermal treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 8705–8714

- Brennan, C.S., Kuri, V. y Tudorica, C.M. 2004. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. *Food Chemistry*, 86: 189-193
- Bridle, P. y Timberlake, C.F. 1996. Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. *Food chemistry*, 58:(1-2), 103-109
- Bruhn, C.M., Cotter, A., Diaz-Knauf, K., Sutherlin, J., West, E., Wightman, N., Williamson, E. y Yaffee, M. 1992. Consumer attitudes and market potential for foods using fat substitutes. *Journal of Dairy Science*, 75(9), 2569-2577
- Burey, P., Bhandari, B., Rutgers, R., Halley, P. y Torley, P. 2009. Confectionery Gels: A Review on Formulation, Rheological and Structural Aspects. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 176-210
- Bussiere, G. y Serpelloni, M. 1985. Confectionery and water activity determination of aw by calculation. In: *Properties of Water in Foods in Relation to Quality and Stability*. Simato, D. and Multon, J. L. (Eds.) Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, The Netherlands, pp. 627-645
- Bustos, M.C., Perez, G.T. y Leon, A.E. 2011. Effect of four types of dietary fiber on the technological quality of pasta. *Food Science and Technology International*, 17: 213-221
- Cai, L., Feng, J., Regenstein, J., Lv, Y. y Li, J. 2017. Confectionery gels: Effects of low calorie sweeteners on the rheological properties and microstructure of fish gelatin. *Food Hydrocolloids*, 67:157-165
- Calvo, C. y Salvador, A. 1997. Measurement of the colour and transparency of gels: application to fruit gels. *Food Hydrocolloids*, 11: 443-447
- Calvo, C. y Salvador, A. 2000. Use of natural colorants in food gels. Influence of composition of gels on their colour and study of their stability during storage. *Food Hydrocolloids*, 14: 439-443
- Calvo, C. y Salvador, A. 2002. Comparative study of the colorants monascus and cochineal used in the preparation of gels made with various gelling agents. *Food Hydrocolloids*, 16: 523-526

- Caporale, G. y Monteleone, E. 2001. Effect of expectations induced by information on origin and its guarantee on the acceptability of a traditional food: olive oil. *Sciences des Aliments*, 21 (3): 243-254
- Cappa, C., Lavelli, V. y Mariotti, M. 2015. Fruit candies enriched with grape skin powders: physicochemical properties. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1): 569-575
- Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M.L., Páez-Hernández, E., Rodríguez, J.A., Galán-Vidal, C.A., 2009. Chemical studies of anthocyanins: a review. *Food Chemistry*, 113, 859–871
- Chang, Y.H., Lim, S.T. y Yoo, B. 2004. Dynamic rheology of corn starch-sugar composites. *Journal of Food Engineering*, 64, 521-527
- Chapman, S., 2011. Guidelines on Approaches to the Replacement of Tartrazine, Allura Red, Ponceau 4R, Quinoline Yellow, Sunset Yellow and Carmoisine in Food and Beverages. Food Standards Agency, United Kingdom. <http://food.gov.uk/multimedia/pdfs/publication/guidelinessotonsixcolours.pdf>.
- Chatterton, N.J., Harrison, P.A., Thornley, W.R. y Bennet, J.H. 1993. Separation and quantification of fructan (inulin) oligomers by anion exchange chromatography. In: *Studies in Plant Science 3, Inulin and Inulin-Containing Crops*. Fuchs A. (Ed.) Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, The Netherlands, pp 93-99
- Cheynier, V., Moutounet, M. y Sarni-Manchado, P. 2000. Los compuestos fenólicos. En: *Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos*. C. Flanzy (Ed.). Madrid: Mundiprensa, pp. 114-36
- Chiavaro, E., Vittadini, E. y Corradini, C. 2007. Physicochemical characterization and stability of inulin gels. *European Food Research and Technology*, 225, 85-94
- Chiellini, E., Cinelli, P., Fernandes, E.G., Kenawy, E.R.S. y Lazzeri, A. 2001. Gelatin-based blends and composites. Morphological and thermal mechanical characterization. *Biomacromolecules*, 2: 806-811
- Chinachoti, P. 1995. Carbohydrates: functionality in foods. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61(4): 225-229S.

- Chomitz, V.R., McGowan, R.J., Wendel, J.M., Williams, S.A., Cabral, H.J., King, S.E., Olcott, D.B., Cappello, M., Breen, S. y Hacker, K.A. 2010. Healthy Living Cambridge Kids: A Community-based participatory effort to promote healthy weight and fitness. *Obesity*, 18 (S1), pp: S45-S53.
- Clark, A.H., Evans, K.T. y Farrer, D.B. 1994. Shear modulus temperature melt down profiles of gelatine and pectin gels. A cascade theory description. *International Journal of Biological Macromolecules*, 16(3): 125–130
- Cornillon, P., Andrieu, J., Duplan, J.C. y Laurent, M. 1995. Use of Nuclear Magnetic Resonance to Model Thermophysical Properties of Frozen and Unfrozen Model Food Gels. *Journal of Food Engineering*, 25(1): 1–19
- Cornillon, P. y Salim, L.C. 2000. Characterization of water mobility and distribution in low- and intermediate-moisture food systems. *Magnetic Resonance Imaging*, 18: 335-341
- CoSeteng, M.Y., McLellan, M.R. y Downing, D.L. 1989. Influence of titratable acidity and pH on intensity of sourness of citric, malic, tartaric, lactic and acetic acids solutions and on the overall acceptability of imitation apple juice. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 22: 46–51
- Coussement, P.A.A. 1999. Nutritional and health benefits of inulin and oligofructose: Safe intakes and legal status. *The Journal of Nutrition*, 129:1412–1417
- Crittenden, R.G., y Playne, M.J. 1996. Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. *Trends in Food Science and Technology*, 7: 353-361
- Cui, S.W. y Roberts, K.T. 2009. Dietary fiber: Fulfilling the promise of added-value formulations. *Modern Biopolymer Science*. Kasapis, Norton and Ubbink (Eds.) Academic Press: London, UK, pp. 399-448
- Cui, S., Yu, K., Hu, Z., Wei, G. 2011. Texture profile of herbal gel affected by instrumental parameters and correlations of instrumental and sensory evaluation. *Journal of Texture Studies*, 42(5): 349-358

- Damáσιο, M.H, Costell, E. y Durán, L. 1997. Sensory quality of low-sugar orange gels with gellan, xanthan and locust bean gums. *Z Lebensm Unters Forsch A* 204(3): 183-188
- Damodaran, S., Parkin, K.L., y Fennema, O.R. 2008. *Fennema's food chemistry*. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis
- Debicki-Pospíšil, J., Lovrić, T., Trinajstić, N. y Sabljčić, A., 2006. Anthocyanin degradation in the presence of furfural and 5-hydroxymethylfurfural. *Journal of Food Science*, 48: 411–416.
- DeMars, L.L. y Ziegler, G.R. 2001. Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections. *Food Hydrocolloids*, 15:643–653
- De Rosso, V.V. y Mercadante, A.Z., 2007. The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. *Food Chemistry*, 103 (3): 935–943
- Di Monaco, R., Cavella, S., Di Marzo, S. y Masi, P. 2004. The effect of expectations generated by brand name on the acceptability of dried semolina pasta. *Food Quality and Preference*, 15: 429-437
- Dodson, A.G. y Pepper, T. 1985. Confectionery Technology and the pros and cons of using non-sucrose sweeteners. *Food Chemistry*, 16:271-280
- Drake, M.A. 2007. Sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 90(11) 4925-4937
- Dysseler, P., Hoffem, D., Fockedey, J., Quemener, B., Thibault, J.F. y Cossement, P. 1994. Determination of inulin and oligofructose in food products (AOAC dietary fiber modified method). In *Physicochemical properties of dietary fibre and effect on processing on micronutrients availability*. R. Amado, J.L. Barry, y W. Frolich (Eds.), Luxemburg
- EC EUR 18591. 2000. Scientific concepts of functional foods in Europe Consensus document, Vol. 3 Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities— IV, 27 pp

- EC. 2013. Guidance notes on the classification of food extracts with colouring properties. Disponible en: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/fs_food-improvement-agents_guidance_additive-eu-rules.pdf Consultado en Abril 2017
- Edwards, W.P. 2000. The Science of Sugar Confectionery. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, 166 pp.
- Eeles, M.F., Grooves, K.H.M. y Murphy, O.C. 2002. Microstructure of confectionery gums and its relationship to shelf life. Leatherhead Food International LTD. Research Report RR806, Surrey, U.K.
- EFSA. 2009. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to isomalto-oligosaccharides and maintenance of normal blood cholesterol concentrations (ID 817) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. The EFSA Journal, 7 (9), pp: 12
- EFSA. 2010. European Food Safety Authority. Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to dietary fibre. The EFSA Journal, 8 (10), pp. 23
- EFSA. 2014. European Food Safety Authority. Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to non-digestible carbohydrates and a reduction of post-prandial glycaemic responses. The EFSA Journal, 12 (1), pp. 13.
- Ellis, R.P, Cochrane, M.P., Dale, M.F., Duffus, C.M., Lynn, A, Morrison, I.M., Prentice, R.D., Swanston, J.S. y Tiller, S.A. 1998. Starch production and industrial use. Journal of the Science of Food Agriculture, 77(3):289-311
- Endress, H.U. y Christensen, S.H. 2009. Handbook of hydrocolloids. In: Phillips GO, Williams PA, (Eds.) Cambridge: Woodhead Publishing. pp. 274–297
- ENIDE (Encuesta Nacional de Ingesta Dietética). 2012. Evaluación nutricional de la dieta Española. I. Energía y macronutrientes. Disponible en: http://www.tappers.es/media/wysiwyg/valoracion_nutricional_enide_macronutrientes.pdf Consultado en Abril 2017

- Ergun, R., Lietha, R., y Hartel, R. W. 2010. Moisture and Shelf Life in Sugar Confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2): 162-192
- Evageliou, V., Tseliou, G., Mandala, I., y Komaitis, M. 2010. Effect of inulin on texture and clarity of gellan gels. *Journal of Food Engineering*, 101: 381-385
- FAO/OMS. 2001. Ratificación y/o revisión de niveles máximos para contaminantes en las normas del Codex. CX/FAC 01/5. Febrero 2001
- FAO/OMS, 2003. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Pages 1e149 in WHO Technical Report Series 916. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, and World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland
- Farhat, I.A., Blanshard, J.M.V., Descamps, M. y Mitchell, J.R. 2000. Effect of sugars on retrogradation of waxy maize starch-sugar extrudates. *Cereal Chemistry*, 77(2):202-208
- FDA. 2004. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 9. Online (BAM), AOAC International.
- Fernández-López, J.A., Angosto, J.M., Giménez, P.J. y León, G., 2013. Thermal stability of selected natural red extracts used as food colorants. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68: 11–17
- Fernández-Mar, M.I., Mateos, R., García-Parrilla, M.C., Puertas, B., y Cantos-Villar, E. 2012. Bioactive compounds in wine: Resveratrol, hydroxytyrosol and melatonin: A review. *Food Chemistry*, 130(4): 797–813
- FESNAD-SEEDO. 2011. Consenso entre la Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética y la Sociedad Española para el estudio de la Obesidad. Recomendaciones nutricionales basadas en la evidencia para la prevención y el tratamiento del sobrepeso y la obesidad en adultos. *Revista Española de Obesidad*, 9 (S1), pp: 80
- Firoozmand, H., Murray, B.S. y Dickinson, E. 2007. Fractal-type particle gel formed from gelatin + starch solution. *Langmuir*, 23(8): 4646-4650

- Firoozmand, H., Murray, B.S. y Dickinson, E. 2009. Microstructure and rheology of phase-separated gels of gelatin + oxidized starch. *Food Hydrocolloids*, 23(4): 1081-1088
- Fisher, E.L., Ahn-Jarvis, J., Gu, J., Weghort, C.M. y Vodovotz, Y. 2014. Assessment of physicochemical properties, dissolution kinetics and storage stability of a novel strawberry confection designed for delivery of chemopreventive agents. *Food Structure*, 1:171-181
- Flamm G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L. y Roberfroid, M. 2001. Inulin and oligofructose as dietary fiber: A review of the evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(5): 353-362
- Fleche, G. 1985. Chemical modification and degradation of starch. In *Starch conversion technology*. G.M.A. Van Beyunm y J.A. Roels (Eds.). New York: Marcel Dekker, Inc. pp. 15-45
- Flutto, L. 2003. Pectin: properties and determination. In *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. B. Caballero (Ed.), Oxford: Academic Press, pp. 4440-4449
- Fogliano, V. y Vitaglione, P. 2005. Functional foods: Planning and development. *Molecular Nutrition and Food Research*, 49: 256-262
- Font, R., Río, M., Fernández, J.M. y Haro, A. 2003. Acid detergent fiber analysis in oilseed Brassicas by near-infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2917-2922
- Fontana, A.J. 2005. Water activity for predicting quality and shelf life. *Manufacturing Confectioner*, 85(11):45-51
- Francis, F. 1995. Quality as influenced by color. *Food quality and preference*, 6: 149-155
- Franck, A. 1993. In *FIE Conference Proceedings 1992*, Expoconsult Publishers, Maarsse, pp 193-197
- Franck, A.M. 2000. Inulin and oligofructose. In: *LFRA ingredient handbook: Prebiotics and probiotics*. Gibson, G. and Angus, F., (Eds). Surrey: Leatherhead Publishing. pp. 1-18.

- Franck, A. 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. *Journal of Nutrition*, 87(2):S287-S291
- Franck, A. y De Leenheer, L. 2005. Inulin. In: *Polysaccharides and Polyamides in the Food Industry. Properties, Production and Patents*. Steinbüchel, A. and Rhee, S.K. (Eds.). Wiley-VCH Verlag GmbH y Co. KGaA, Weinheim, Germany, pp. 281-322
- French, A. D. 1993. Recent advances in the structural chemistry of inulin. In *Inulin and inulin-containing crops*. A. Fuchs (Ed.), Amsterdam: Elsevier Sciences Publishers B.V., pp. 121–127
- Frippiat, A. y Smits, G. 1996. Compositions having a creamy structure and containing fructane, preparation method therefore and uses thereof. European Patent 0 607 187 B1
- Galaffu, N., Bortlik, K. y Michel, M. 2015. An industry perspective on natural food color stability. In *Colour additives for foods and beverages*, pp 91-130
- Galkowska, D., Dlugosz, M., y Juszczak, L. 2013. Effect of high methoxy pectin and sucrose on pasting, rheological, and textural properties of modified starch systems. *Starch/Starkes*, 65 ,499-508
- Gaspar, C., Laureano, O. y Sousa, I. 1998. Production of reduced-calorie grape juice jelly with gellan, xanthan and locust bean gums: sensory and objective analysis of texture. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 206:169–174
- Gelatin Manufacturers Institute of America. GMIA (1993). *Gelatin*. In-house publication Gelatin Manufacturers Institute of America
- Glibowski, P. 2010. Effect of thermal and mechanical factors on rheological properties of high performance inulin gels and spreads. *Journal of Food Engineering*, 99, 106-113
- Glibowski, P. y Wasko, A. 2008. Effect of thermochemical treatment on the structure of inulin and its gelling properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 2075-2082

- Goncalves, A.A. y Rohr, M. 2009. Development of soft candies with addition of inulin. *Alimentación y Nutrición*, 20(3): 471-478
- Gonera, A. y Cornillon, P. 2002. Gelatinization of starch/gum/sugar systems studied by using DSC, NMR and CSLM. *Starch*, 54:508-516
- Goosens, J. y Ro Èper, H. 1994. Erythritol: a new sweetener. *Food Science and Technology Today* 38, 144-149
- Grant, J. 2005. Functional confectionery: to do or not to do? *The Manufacturing Confectioner*, 85(6): 61
- Grembecka, M. 2015. Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: A review. *European Food Research and Technology*, 241:1–14
- Grigelmo-Miguel, N., Gorinstein, S. y Martín-Belloso O. 1999. Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chemistry* 65(2): 175–181
- Gu, J., Ahn-Jarvis, J.H., y Vodovotz, Y. 2015. Development and characterization of different black raspberry confection matrices designed for delivery of phytochemicals. *Journal of Food Science*, 80: E610-E618
- Guarner, F., Khan, A.G., Garisch, J., Eliakim, R., Gangl, A., Thomson, A., Krabshuis, J., LeMair, T., Kaufmann, P., de Paula, J.A., Fedorak, R., Shanahan, F., Sanders, M.E., Szajewska, H., Ramakrishna, B.S., Karakan, T. y Nayoung, K. 2011. Probiotics y Prebiotics. Global Guidelines. World Gastroenterology Organization. Disponible en: http://www.worldgastroenterology.org/assets/export/userfiles/2012%20Probiotics_NEW%20FINAL_sp.pdf Consultado Mayo 2014
- Gunaratne, A., Ranaweera, S., y Corke, H. 2007. Thermal, pasting, and gelling properties of wheat and potato starches in the presence of sucrose, glucose, glycerol, and hydroxypropyl beta-cyclodextrin. *Carbohydrate Polymers*, 70(1), 112-122
- Habilla, C., Sim, S.Y., Nor Aziah. y Cheng, L.H. 2011. The properties of jelly candy made of acid-thinned starch supplemented with konjac glucomannan or psyllium husk powder. *International Food Research Journal* 18: 213-220

- Handa, C., Goomer, S. y Siddhu, A. 2012. Physicochemical properties and sensory evaluation of fructoligosaccharide enriched cookies. *Journal of Food Science Technology*, 49: 192–199
- Hani, N.M., Romli, S.R. y Ahmad, M. 2015. Influences of red pitaya fruit puree and gelling agents on the physico-mechanical properties and quality changes of gummy confections. *International Journal of Food Science and Technology*, 50, 331–339
- Harrington, J.C. y Morris, E.R. 2009. Conformational ordering and gelation of gelatin in mixtures with soluble polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 23(2):327-336
- Harris, P., Normand, V. y Norton, I.T. 2003. Gelatin. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Trugo, L. and Finglas, P.M. (Eds.) Academic Press, pp. 2865-2871
- Hartel RW. 1993. Controlling sugar crystallization in food products. *Food Technology*, 47(11): 99-107.
- Heldman, D.R. 2004. Identifying food science and technology research needs. *Food Technology*, 58: 32-34
- Hellín, P., Ros, J.M. y Laencina, J. 2001. Changes in high and low molecular weight carbohydrates during *Rhizopus nigricans* cultivation on lemon peel. *Carbohydrate Polymers*, 45: 169-174
- Hendry, G.A. y Houghton, J.D. 1996. *Natural food colorants*. London: Chapman and Hill and Blackie Academic and Professional
- Hermansson, A.M. y Svegmark, K. 1996. Developments in the understanding of starch functionality. *Trends in Food Science and Technology*, 7(11):343–353
- Hoebregs, H. 1997. Fructans in foods and food products, ion-exchange chromatographic method: collaborative study. *Journal of the Association of Official. Analytical Chemistry International*, 80:1029-1037
- Hu, F.B. 2013. Role of sugar sweetened beverages in obesity. *Obesity reviews*, 14: 606-619

- Hubbermann, E.M. 2016. Coloring of Low-Moisture and Gelatinized Food Products. In: Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages Industrial Applications for Improving Food Color. WP Woodhead Publishing, pp. 179–196
- Hunter, R.S. y Harold, R. 1987. The measurement of appearance. 2nd ed. Wiley, New York.
- Little, A.C. 1975. Off on a tangent. *Journal of Food Science*, 40:410-411
- I.F.T. 1975. Sensory Evaluation Guide for Testing Food and Beverages products. Institute of Food Technologists. *Food Technology*, 35: 50-59
- International Obesity Task Force, 2002. About Obesity: Incidence, Prevalence & Comorbidity
- ISO 4121:2003. Sensory analysis -- Guidelines for the use of quantitative response scales
- ISO 21527-2:2008 Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds. Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0,95. www.iso.org Consultado en Febrero 2014
- ISO 8586:2012. Sensory analysis: General guidance for the selection and training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors; Part 1: Selected assessors, 2002. www.iso.org Consultado en October 2014
- Jackson, E.B., 1995. Sugar Confectionery Manufacture. 2nd ed., Blackie Academic and Professional: London, pp. 400
- Joye, D. y Hoebregs, H. 2000. Determination of oligofructose, a soluble dietary fiber, by high temperature capillary gas chromatography. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists International*, 83, 1020-1025
- Kaiser, K.A., Shikany, J.M., Keating, K.D. y Allison, D.B. (2013). Will reducing sugar-sweetened beverage consumption reduce obesity? Pro v Con Debate: Role of sugar sweetened beverages in obesity. *Obesity reviews*, 14: 620-633

- Kälviänen, N., Roininen, K. y Tuorila, H. 2000. Sensory characterization of texture and flavor of high viscosity gels made with different thickeners. *Journal of Texture Studies*, 31: 407–420
- Kalyani Nair K., Kharb S. y Thompkinson D. K. 2010. Inulin dietary fiber with functional and health attributes—A review. *Food Reviews International*, 26: 189–203
- Kamp, J.W., Asp, J., Miller, J. y Schaafsma, G. 2004. *Dietary Fiber*. Wageningen, The Netherlands: Wageningen. Academic Publishers, pp. 1-357
- Karim, A.A., Norziah, M.H., y Seow, C.C. 2000. Methods for the study of starch retrogradation. *Food Chemistry*, 71:9-36
- Kasapis, S., Al-Marhoobi, I.M., Deszczynski, M., Mitchell, J.R. y Abeysekera, R. 2003. Gelatin vs Polysaccharide in Mixture with Sugar Biomacromolecules, 4 (1): 1142–1149
- Kasapis, S., Mitchell, J., Abeysekera, R., MacNaughtan, W. 2004. Rubber-to-glass transitions in high sugar-biopolymer mixtures. *Trends in Food Science and Technology*, 15(6), 293–304
- Kaur y Gupta, A. 2002. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of Biosciences*, 27:703–714
- Kawasaki, Y., Sugimoto, N., Sato, K., Yamazaki, T., Ishiwata, H. y Maitani, T., 2002. Identification of acid-stable carmine in imported apple syrup product. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 43 (4): 191–195
- Kays, S.E., Barton, F.E., Windham, W.R. y Himmelsbach, D.S. 1997. Prediction of total dietary fiber by near-infrared reflectance spectroscopy in cereal products containing high sugar and crystalline sugar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3944-3951
- Kays, S.E., Windham, W.R. y Barton, F.E. 1998. Prediction of total dietary fiber by near-infrared reflectance spectroscopy in high fat and high sugar containing cereal products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 854-861

- Kays, S.E., Barton, F.E. y Windham, W.R. 1999. NIR analysis of dietary fiber. In Complex carbohydrates in food. S.S. Cho, L. Prosky y M. Dreher (Eds.). New York: Marcel Dekker, pp. 291-303
- Kendrick, A. 2012. Natural Food and beverage colourings. LycoRed Limited, UK
- Kim, Y., Faqih, M.N. y Wang, S.S. 2001. Factors affecting gel formation of inulin. Carbohydrate Polymers, 46:135-145
- Klurfeld, D.M. 2013. What do government agencies consider in the Debate Over added sugars? Advances and Nutrition, 4: 257-261.
- Koehler, K., Jacobsen, S.J., Soendergaard, C., Kensoe, M., 2003. Coloring Substance Composition and a Method of Manufacturing Same. Patent Publication No. EP 1178738 A1
- Koh, L., Jiang, B., Kasapis, S., y Foo, C. 2011. Structure, sensory and nutritional aspects of soluble-fiber inclusion in processed food products. Food Hydrocolloids, 25(2): 159-520
- Korakli, M., Hinrichs, C., Ehrmann, M.A. y Vogel, R.F. 2003. Enzymatic determination of inulin and fructooligosaccharides in food. European Food Research Technology, 217:530–534
- Kristo, E., Foo, A., Hill, A. R. and Corredig, M. 2011. Short communication: Determination of inulin in milk using high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. Journal of Dairy Science, 94:3316–3321
- Król, B. y Grzelak, K. 2006. Qualitative and quantitative composition of fructooligosaccharides in bread. European Food Research and Technology, 223: 755–758
- Kuan, Y.H., Nafchi, A.M., Huda, N., Ariffin, F. y Karim, A.A. 2016. Effects of sugars on the gelation kinetics and texture of duck feet gelatin. Food Hydrocolloids, 58: 267–275
- Lattimer, J.M. y Haub, M.D. 2010. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. Nutrients, 2 (12): 1266-1289

- Lau, M.H., Tang, J. y Paulson, A.T. 2000. Texture profile and turbidity of gellan/gelatin mixed gels. *Food Research International*, 33: 665-671
- Lawless, H.T. y Heymam, H. 1998. *Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices*. Chapman & Hall, New York
- Lawless, H.T. y Heymann, H. 2010. *Sensory evaluation of food: principles and practices*. 2nd ed. New York: Springer, xxiii, pp. 596
- Lea, A. y Henry, B. 2003. Colorants: Properties and Determination of Natural Pigments. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Caballero, B., Trugo, L. and Finglas, C.A. (Eds.), Academic Press, San Diego, CA, pp. 1550-1556
- Le Bot, Y. y Gouy, P.A. 1995. Polyols from starch. In *Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives*, pp. 155-176
- Le Grusse, J., Watier, B. 1993. Vitamine D. En: *Les vitamines*. Neuilly-Sur-Seine Cedex: Centre d'étude et d'information sur les vitamines (CEIV). Le Grusse, J.; Watier, B. (Eds.), pp. 57-79
- Lee, S.C., Prosky, L., y De Vries, J.W. 1992. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in foods. Enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer: Collaborative study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists International*, 75, 395-416
- Lees, R. 1980. *Faults, causes and remedies: in sweet and chocolate manufacture*; Specialised Publications: Surbiton, England, 384 pp.
- Lees, R. 1996. The influence of water activity and composition on the behaviour of sugar confectionery. Part 2 Composition and its effect on storage properties. *Confectionery Production* June:16-17
- León, O., Santos, M., López, R. y Antolín, G. 2005. Optimización de la hidrólisis ácida de la inulina. Obtención de jugo fermentable para la producción de bioetanol. *Ingeniería Química*, 423: 199-203

- Lešková, E., Kubíková, J., Kováčiková, E., Kosická, M. y Porubská, J. 2006. Vitamin losses: retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(4): 252-276
- Lewis, D.F., 1993. Development of the food microscopist. *Food Structure*, 12(3): 275-284
- Liang, C., Hu, X., Ni, Y., Wu, J., Chen, F., y Liao, X. 2006. Effect of hydrocolloids on pulp sediment, white sediment, turbidity and viscosity of reconstituted carrot juice. *Food Hydrocolloids*, 20: 1190-1197
- Lingyun, W., Jianhua, W., Xiaodong, Z., Da, T., Yalin, Y., Chenggang, C., Tianhua, F. y Fan, Z. 2007. Studies on the extracting technical conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers. *Journal Food Engineering*, 79:1087–1093
- Lips, P. 2004. Which circulating level of 25-hydroxyvitamin D is appropriate?. *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology*, 89-90:611-614
- Liu, L., Hironaka, K. y Pihoker, C. 2004. Type 2 diabetes in youth. *Current Problems Pediatric Adolescent Health Care*, 34(7): 254-272
- Mac Cleary B.V. y Blakeney, A.B. 1999. Measurement of Inulin and Oligofructan. *Cereal Foods World*, 44 (6): 398-406
- Madrigal, L. y Sangronis, E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(4): 387-389
- Maiani, G., Caston, M.J., Catasta, G., Toti, E., Cambrodon, I.G., Bysted, A., Granado-Lorencio, F., Olmedilla-Alonso, B., Knuthsen, P., Valoti, M., Bohm, V., Mayer-Miebach, E., Behnlian, D. y Schlemmer, U., 2009. Carotenoids: actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular Nutrition and Food Research*, 53 (2): S194–S218
- Mäkinen, K.K. 2011. Sugar alcohol sweeteners as alternatives to sugar with special consideration of xylitol. *Medical Principles and Practice*, 20:303–320

- Mällki, Y., Heiniö, R.L. y Autio, K. 1993. Influence of oat gum, guar gum and carboxymethyl cellulose on the perception of sweetness and flavour. *Food Hydrocolloids*, 6:525–532
- Manjunatha, S.S. y Das Gupta, D.K. 2006. Instrumental textural characteristics of restructured carrot cubes. *International Journal of Food Properties*, 9: 453-462
- Manley, D. 2011. Chapter 11 Sugars and syrups as biscuit ingredients. In: *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies*. Manley, D. (Ed.), pp. 144-159
- MAPAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). 2015. Informe del Consumo de alimentación en España en 2014. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/informeconsumoalimentacion2014_tcm7-382148.pdf
Consultado en Abril de 2017
- Marcotte, M., Hoshahili, A.R.T. y Ramaswamy, H.S. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34:695–703
- Marfil, P.H.M. Anhé, A.C.B.M. y Telis, V.R.N. 2012. Texture and Microstructure of Gelatin/Corn Starch-Based Gummy Confections. *Food Biophysics*, 7(3):236-243
- Marsilio, R., Naturale, M., Manghi, P., Montini, G., Murer, L. y Ros, M. 2000. Rapid and simple determination of inulin in biological fluids by highperformance liquid chromatography with light-scattering detection. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 744(2): 241-247
- Martínez-Cervera, S., Sanz, T., Salvador, A. y Fiszman, S.M., 2012. Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. *LWT-Food Science and Technology*, 45: 213-220
- Matusek, A., Merész, P., Le, T.K.D. y Orsi, F. 2009. Effect of temperature and pH on the degradation of fructooligosaccharides. *European Food Research and Technology*, 228: 355–365

- May, C.D. 1990. Industrial pectin samples: sources, production and applications. *Carbohydrate Polymers*, 12:79–99
- McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J.O y Stevenson, J. 2007. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet*, 370: 1560–67
- McCleary, B.V. 2000. Importance of enzyme purity and activity in the measurement of total dietary fiber and dietary fiber components. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists International*, 83, 997-1005
- Mehinagic, E., Royer, G., Bertrand, D., Symoneaux, R. y Jourjon, F. 2004. Prediction of apple sensory quality by physical measurements . *Postharvest Biology and Technology*, 34(3): 257-269
- Meilgaard M., Civille GV. y Carr BT. 2007. *Sensory Evaluation Techniques*. 4th ed. Boca Raton, FL. CRC Press
- Mela, D.J. 2001. Development and acquisition of food likes. In *Food, People and Society. A European perspective of consumers' food choices*. L. J. Frewer, E. Risvik, y H. Schifferstein (Eds.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer, pp. 9-21
- Melanson, E.L., Astrup, A., Donahoo, W.T., 2009. The relationship between dietary fat and fatty acid intake and body weight, diabetes, and the metabolic syndrome. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 55 (1-3), 229-243
- Meullenet, JF. y Gross, J. 1999. Instrumental single and double compression tests to predict sensory texture characteristics of foods. *Journal of Texture Studies*, 30: 167-180
- Meyer, D. 2009. Inulin. In *Handbook of Hydrocolloids*. Phillips, G.O., y Williams (Eds.). U.K.:CRC Press, pp. 829-845
- Meyer, D., Bayarri, S., Tárrega, A. y Costell, E. 2011. Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids*, 25: 1881–1890

- Minifie, B.W. 1999. *Chocolate, Cocoa and Confectionery*, 3rd Ed. Aspen, NY
- Mitchell, J. 1976. Rheology of Gels. *Journal of Texture Studies*, 7, 313-339
- Mochizuki, Y. 2001. Texture Profile Analysis. In: *Current protocols in food analytical chemistry*. Wrolstad, R.E.; Wiley, J. (Eds.), Sons Inc.: New York, H2.3.1.-H2.3.7
- Mohamed, A.A., y Rayas-Duarte, P. 2003. The effect of mixing and wheat protein/gluten on the gelatinization of wheat starch. *Food Chemistry*, 81(4), 533-545
- Morris, V.J. 1985. Food gels – roles played by polysaccharides. *Chemistry and Industry*, 5: 159–164
- Mouquet, C., Dumas, J.C., y Guilbert, S. 1992. Texturization of sweetened mango pulp: optimization using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 57: 1395-1400
- Muñoz, A.M., Pangborn, R.M. y Noble, A.C. 1986. Sensory and mechanical attributes of gel texture. II. Gelatine, sodium alginate and k-carrageenan gels. *Journal of Texture Studies*, 17: 17-36
- Newsome, R.L. 1990. Natural and synthetic coloring agents. In *Food additives*. A. L. Branen, P. M. Davidson & S. Salminen. New York: Marcel Dekker, pp. 327–345
- NIH National Institutes of Health, 2016. U.S. Department of Health and Human Services. Disponible en: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>
Consultado en Abril 2017
- Niness, K. 1999. Inulin and oligofructose: What are they?. *The Journal of Nutrition*, 129:1402S-1406S
- Norrish, R.S. 1964. Equilibrium relative humidity of confectionery syrups—A nomogram. *Confectionery Production*, 10:769–808
- Nussinovitch, A. y Peleg, M. 1990. Mechanical properties of a raspberry product texturized with alginate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 14: 267-278

- Nussinovitch, A., Kopelman, I.J., y Mizrahi, S. 1991. Mechanical properties of composite fruit products based on hydrocolloid gel, fruit pulp and sugar. *LWT - Food Science and Technology*, 24: 214-217
- O'brien, C.M., Mueller, A., Scannell, A.G.M. y Arendt, E.K. 2003. Evaluation of the effects of fats replacers on the quality of wheat bread. *Journal of Food Engineering*, 56(2): 256-267
- O'Byrne, D.J., Devaraj, S., Grundy, S.M. y Jialal, I. 2002. Comparison of the antioxidant effects of Concord grape juice flavonoids -tocopherol on markers of oxidative stress in healthy adults. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76(6): 1367-1364
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2015. Guideline: Sugars intake for adults and children. WHO opens public consultation on draft sugars guideline. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/154587/2/WHO_NMH_NHD_15.2_spa.pdf?ua=1&ua=1. Consultado en Abril 2017
- Ortega, D. y Sanderson, G.R. 1994. Dessert gels prepared from alginate and gellan gum. In. *Gums and stabilizers for the food industry*, Vol. 7. Oxford:IRL Press/Oxford University Press, pp. 385-392
- Overbosch, P., Afterof, W.G.M., y Haring, P.G.M. 1991. Flavour release in the mouth. *Food Reviews International*, 7(2): 137-184
- Pangborn, R.M., Misaghi-Gibbs, Z., y Tassan, C. 1978. Effect of hydrocolloids on apparent viscosity and sensory properties of selected beverages. *Journal of Texture Studies*, 9, 415-436
- Panouillé, M. y Larreta-Garde, V. 2009. Gelation behaviour of gelatin and alginate mixtures. *Food Hydrocolloids*, 23(4):1074-1080
- Pastrana-Bonilla, E., Akoh, C.C., Sellappan, S. y Krewer, G. 2003. Phenolic content and antioxidant capacity of muscadine grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:5497-5503

- Patras, A., Brunton, N.P., O'Donnell, C. y Tiwari, B.K., 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science and Technology*, 21 (1), 3–11
- Pencheva, D.N., Petkova, T.R.N. y Denev, P.P. 2012. Food Science engineering and technologies. *Scientific works of UFT*, 339-344
- Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A. y Castelló, M.L. 2014. Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. *Food Bioscience*, 7:37-44
- Pezzuto, J.M. 2008. Grapes and Human Health: A Perspective. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16):6777-84
- Poei-Langston, M.S. y Wrolstad, R.E., 1981. Color degradation in an ascorbic acid–anthocyanin–flavanol model system. *Journal of Food Science*, 46 (4): 1218–1222
- Pomeranz, Y. 1991. *Functional properties of food component*. New York: Academic Press pp. 24–77
- Pons, M. y Fiszman, S.M. 1996. Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. *Journal of Texture Studies*, 27: 597–624
- Pontis, H.G. 1990. Fructans. In: *Methods in Plant Biochemistry 2, Carbohydrates*, ed Dey, P.M. Academic Press Limited, London, UK, pp. 353-369
- Poppe, J. 1995. New approaches to gelling agents in confectionery. In: Editorial Staff of the *Manufacturing Confectioner* (Eds.), *Proceedings of the 49th Annual Production Conference*, Hershey, PA Center Valley, PA: Pennsylvania Manufacturing Confectioners Association, pp. 68-78
- Primo Yúfera, E. 1997. Vitaminas y minerales. En: Primo Yúfera, E. *Química de los alimentos*. Madrid, pp. 43-72
- Prosky, L. y Hoebregs, H. 1999. Methods to determine Food inulin and oligofructose. Nutritional and health benefits of inulin and oligofructose. *The Journal of Nutrition*. 1418S-1423S

- Rao MA. 2007. Rheology of fluid and semisolid foods. 2nd ed. Springer Science+Business Media, LLC. New York, NY, pp.108-111
- Rapado Errazti, A. 2000. Metabolismo de la vitamina D. En: Rapado Errazti, A.; Díaz Curiel, M. (editores). Hipovitaminosis D en España. Madrid: FHOEMO, pp.1-13.
- Real Decreto 348/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba la norma de calidad para caramelos, chicles, confites y golosinas
- Reglamento (CE) Nº 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de enero de 1997, sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios
- Reglamento (CE) Nº 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos
- Reglamento (CE) Nº 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008, sobre aditivos alimentarios
- Reglamento (UE) Nº 432/2012 DE LA COMISIÓN de 16 de mayo de 2012 por el que se establece una lista de declaraciones autorizadas de propiedades saludables de los alimentos distintas de las relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y al desarrollo y la salud de los niños.
- Rinaldo, M. 1996. Physicochemical properties of pectins in solution and in gel states. In J: Visser, y A.G.J. Voragen (Eds.) Pectins and pectinases. London:Elsevier. pp. 21-33
- Roberfroid, M. y Delzenne, N. 1998. Dietary fructans. Annual Review of Nutrition, 18:117–143
- Roberfroid, M.B., Loo, J.A.E. y Gibson, G.R. 1998. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. Journal of Nutrition, 128:11–19
- Roberfroid, M. y Slavin, J. 2000. Nondigestible oligosaccharides. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 40: 461-480
- Roberfroid, M.B. 2005. Introducing inulin-type fructans. The British Journal of Nutrition, 93 (1): S13-S25

- Roberfroid, M.B. 2007. Inulin-type fructans: functional food ingredients. *The Journal of Nutrition*, 137: 2493S-2502S
- Rocha, J.R., Catana, R., Ferreira, B.S., Cabral, J.M.S. y Fernandes, P. 2006. Design and characterisation of an enzyme system for inulin hydrolysis. *Food Chemistry*, 95:77–82
- Rodríguez, M. 2006. Influencia de la exposición solar y la dieta en el estatus nutrición al de vitamina d en mujeres adolescentes y de edad avanzada: Estudio Optiford-Unión Europea. Tesis doctoral
- Rodríguez, R., Jiménez, A., Fernández-Bolaños, J., Guillén, R. y Heredia, A. 2006. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 3-15
- Rolin, C. y De Vries, J. 1990. Pectin. In P. Harris (Ed.), *Food gels*. London: Elsevier. pp. 401–434
- Ronkart, S.N., Blecker, C.S., Fourmanoir, H., Fougnyes, C., Deroanne, C., Van Herck, J. y Paquot, M. 2007. Isolation and identification of inulooligosaccharides resulting from inulin hydrolysis. *Analytica Chimica Acta*, 604: 81-87
- Ronkart, S.N., Paquot, M., Deroanne, C., Fougnyes, C., Besbes, S. y Blecker, C.S. 2010. Development of gelling properties of inulin by microfluidization. *Food Hydrocolloids*, 24: 318-324
- Roos, Y. y Karel, M. 1991. Water and molecular weight effects on glass transitions in amorphous carbohydrates and carbohydrate solutions. *Journal of Food Science*, 56(6):1676-1681
- Roos, Y. H. 1995. *Phase transitions in foods*. Academic Press.
- Roos, Y.H., Karel, M., y Kokini, J.L. 1996. Glass transition in low moisture and frozen food: effects on shelf life and quality. *Food Technology*, 50, 95–108
- Rosenthal, A.J. 2010. Texture profile analysis – how important are the parameters?. *Journal of Texture Studies*, 41,672–684

- Rossi, M., Corradini, C., Amaretti, A., Nicolini, M., Pompei, A., Zanoni, S. y Matteuzzi, D. 2005. Fermentation of fructooligosaccharides and inulin by bifidobacteria: a comparative study of pure and fecal cultures. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(10): 6150-6158
- Rubinskiene, M., Viskelis, P., Jasutiene, I., Viskeliene, R. y Bobinas, C., 2005. Impact of various factors on the composition and stability of black currant anthocyanins. *Food Research International*, 38: 867–871
- SACN. 2008. Scientific Advisory Committee on Nutrition. Statement on dietary fibre. Disponible en: http://www.sacn.gov.uk/pdfs/final_sacn_position_statement_for_website_dietary_fibre.pdf [acceso: 10-05-14]
- Sadilova, E., Stintzing, F.C., Kammerer, D.R. y Carle, R., 2009. Matrix dependent impact of sugar and ascorbic acid addition on color and anthocyanin stability of black carrot, elderberry and strawberry single strength and from concentrate juices upon thermal treatment. *Food Research International*, 42: 1023–1033
- Saengkanuk, A., Nuchadomrong, S., Jogloy, S., Patanothai, A. y Srijaranai, S. 2011. A simplified spectrophotometric method for the determination of inulin in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *European Food Research Technology*, 233:609–616
- Saha, D., y Bhattacharya, S. 2010. Characteristics of gellan gum based food gel. *Journal of Texture Studies*, 41:459-471
- Saint-Eve, A., Déléris, I. Panouillé, M., Dakowski, F., Cordelle, S., Schlich, P. y Souchon, I. 2011. How Texture Influences Aroma and Taste Perception Over Time in Candies. *Chemosensory Perception*, 4: 32–41
- Sanderson, G.R. 1990. Gellan gum. In P. Harris, *Food gels*. New York: Elsevier Science Publishing Co., Inc. pp. 201-232
- Schiffman, S.S., Booth, B.J., Losee, M.L., Pecore, S.D. y Warwick, Z.S., 1995. Bitterness of sweeteners as a function of concentration. *Brain Research Bulletin*, 36: 505-513

- Schrieber, R. 1976. Edible Gelatin: Types, Properties, Use and Applications in the Food Industry. *Gordian*. pp. 356-364.
- Scotter, M.J. 2003. Colorants properties and determinants of synthetic pigments. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*, Caballero, B. (Ed.), Academic Press: Oxford, pp.1556-1567
- Sensus Operations CV. 2000. The Netherlands. In Phillips GO, Williams PA (ed), *Handbook of hydrocolloids*, 1st edn. Woodhead Publishing Limited, Abington, pp. 397–403
- Sessler, T., Weiss, J. y Vodovotz, Y. 2013. Influence of pH and soy protein isolate addition on the physicochemical properties of functional grape pectin confections. *Food Hydrocolloids*, 32(2):294-302
- Shahidi, F. 2004. Functional Foods: Their Role in Health Promotion and Disease Prevention. *Journal of Food Science*, 69(5): R146-R149
- Shankar, P, Ahuja, S. y Sriram, K. 2013. Non-nutritive sweeteners: review and update. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)* 29: 1293–1299
- Shi, Y.-C. y Seib, P.A. 1992. The structure of four waxy starches related to gelatinization and retrogradation. *Carbohydrate Research*, 227:131–145
- Sicard, P.J. y Leroy, P. 1983. Mannitol, sorbitol and lycasin: properties and food applications. In *Developments in Sweeteners*, 2, [TH Grenby, KJ Parker and MG Lindley, editors]. London: Applied Science Publishers. pp. 1-25
- Sicard, P.J. y Le Bot, Y. 1994. Manufacturing opportunities with non-sugar sweeteners. In *Sugarless - Towards the Year 2000*, AJ Rugg-Gunn, (Ed.). Cambridge: Royal Society of Chemistry, pp. 112-135
- Siegwein, A.M., Vodovotz, Y. y Fisher, E.L. 2010. Concentration of soy protein isolate affects starch-based confections' texture, sensory, and storage properties. *Journal of Food Science*, 76:422–428

- Sijtsema, S., Linnermann, A., Van Gaasbeek, T., Dagevos, H. y Jongen, W. 2002. Variables influencing food perception reviewed for consumer-oriented product development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42, 565-581
- Simonová, I., Karovicova, J., Mastihuba, V. y Kohajdova, Z. 2010. HPLC determination of inulin in plant materials. *Acta Chimica Slovaca*, 3(2): 122 - 129
- Singh, J., Kaur, L. y McCarthy, O.J. 2007a. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications – a review. *Food Hydrocolloids*, 21(1): 1-22
- Singh, R.S., Sooch, B.S. y Puri, M. 2007b. Optimization of medium and process parameters for the production of inulinase from a newly isolated *Kluyveromyces marxianus* YS-1. *Bioresource Technology*, 98:2518–2525
- Slade, L. y Levine, H. 1987. Polymer-Chemical Properties of Gelatin in Foods, in *Advances in Meat Research: Collagen as Food*, A.M. Pearson, T.R. Dutson, and A.J. Bailey, eds., Vol. 4, Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
- Slade, L. y Levine H. 1988. Non-equilibrium melting of native granular starch: part I. temperature location of the glass transition associated with gelatinization of a-type cereal starches. *Carbohydrate Polymers*, 25:183–208
- Sousa, I., Gaspar, C. y Laureano, O. 1995. Geleias hipocalóricas de sumo de uva, Seleccáo de polissacáridos gelificantes. In: 3rd Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, Évora, pp 9-20
- Sousa, I., Matias, E. y Laureano, O. 1997. The texture of low calorie grape juice jelly. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 205:140-142
- Stainsby, G. 1987. Gelatin Gels, in *Advances in Meat Research: Collagen as Food*, A.M. Pearson, T.R. Dutson, and A.J. Bailey, eds., Vol. 4, Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
- Steiner, A.E., Foegeding, E.A., y Drake, M. 2003. Descriptive analysis of caramel texture. *Journal of Sensory Science*, 18: 277–289

- Subramaniam, P.J. 2000. 'Confectionery products', in *The Stability and Shelf-life of Food*, EKilcast D and Subramaniam PJ (eds), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, pp 221–48
- Subramaniam, P.J. 2007. Determining shelf-life of confectionery products, *Manufacturing Confectioner*, 87(6): 85–91
- Subramaniam, P.J. 2016. *The Stability and Shelf Life of Confectionery Products*. In *The Stability and Shelf Life of Food (Second Edition)*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. P. Subramaniam and Peter Wareing (Eds.) pp. 545-573
- Suez, J., Korem, T., Zeevi, D., Ziberman-Schapira, G., Thaiss, C.A., Maza, O., Israeli, D., Zmora, N., Gilad, S., Weinberger, A., Kuperman, Y., Harmelin, A., Kolodkin-Gal, I., Shapiro, H., Halpern, Z., Segal, E. y Elinav, E. 2014. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature*, 514(7251): 181-186
- Sun, Q., Xing, Y., Qiu, C., y Xiong, L. 2014. The Pasting and Gel Textural Properties of Corn Starch in Glucose, Fructose and Maltose Syrup. *PLoS ONE*, 9(4): 95862
- Szczesniak, A.S. 1962. Objective measurements of food texture. *Journal of Food Science*, 28(4): 410-420
- Szczesniak, A.S. 1987. Correlating sensory with instrumental texture measurements — an overview of recent developments, *Journal of Texture Studies*, 18: 1–5
- Tangpricha, V., Pearce, E.N., Chen, T.C. y Holick, M.F. 2002. Vitamin D insufficiency among free-living healthy young adults. *The American Journal of Medicine*, 112:659-662
- Tárrega, A. y Costell, E. 2006. Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. *International Dairy Journal*, 16: 1104-1112
- Threapleton, D.E., Greenwood, D.C., Evans, C.E.L., Cleghorn, C.L., Nykjaer, C. y Woodhead C. 2013. Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 347:f6879

- Tiense Suikerraffinaderij. 1993. Compositions having a creamy structure and containing fructan, preparation method therefore and uses thereof, Patent Application WO 93 06744, (A. Frippiat, G. Smits).
- Timmermans, J.W., van Leeuwen, M.B., Tournois, H., de Wit, D. y Vliegenthart, J.F.G. 1994. Quantitative analysis of the molecular weight distribution of inulin by means of anion exchange HPLC with pulsed amperometric detection. *Journal of Carbohydrate Chemistry*, 13, 881-888
- Troller, J.A. y Christian, J.H.B. 1978. Water activity and food (English) In: *Food Science and Technology (USA) (United Kingdom)*. New York, N.Y. (USA), Academic Press, 235 p.
- Tromp, R.H., van de Velde, F., van Riel, J. y Paques, M. 2001. Confocal scanning light microscopy (CSLM) on mixtures of gelatine and polysaccharides. *Food Research International*, 34:931-938
- Tsai, P.J., Hsieh, Y.Y. y Huang, T. 2004. Effect of sugar on anthocyanin degradation and water mobility in a Roselle anthocyanin model system using ^{17}O NMR. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(10): 3097-3099
- Tungland B.C. y Meyer, D. 2002. Nondigestible oligo-and polysaccharides (dietary fiber): Their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 3:90-109
- Urala, N. y Lahteenmaki, L. 2004. Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food Quality and Preference*, 15: 793-803
- Van Kleef, E., van Trijp, H.C.M., Luning, P., y Jongen, W.M.F. 2002. Consumer-oriented functional food development: how well do functional disciplines reflect the 'voice of the consumer?'. *Trends in Food Science and Technology*, 13 (3): 93-101
- Van Waes, C., Baert, J., Carlier, L. y Bockstaele, E. 1998. A rapid determination of the total sugar content and the average inulin chain length in roots of chicory (*Cichorium intybus L*). *Journal of the Science of Food Agriculture*, 76:107-110

- Vendrell-Pascuas, S., Castellote-Bargalló, A.I. y López-Sabater, M.C. 2000. Determination of inulin in meat products by high-performance liquid chromatography with refractive index detection. *Journal of Chromatography A*, 881: 591-597
- Verbeke, W., Sioen, I., Pieniak, Z., Van Camp, J. y De Henauw, S. 2005. Consumer perception versus scientific evidence about health benefits and safety risks from fish consumption. *Public Health Nutrition*, 8: 422-429
- Verbeke, W. 2006. Functional foods: Consumer willingness to compromise on taste for health?. *Food Quality and Preference*, 17: 126-131
- Vieira, M.A., Rovaris, A.A, Maraschin, M., De Simas, K.N., Pagliosa, C.N., Podestá, R., Amboni, R.D.M.C., Barreto, P.L.M. y Amante, E.R. 2008. Chemical Characterization of Candy Made of Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) Residue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 4637-4642
- Vilches, F.A. 2005. Formulación y elaboración de un “snack” de arándano con incorporación de fibra dietética. Trabajo fin de grado. Universidad de Chile.
- Virtanen, T., Autio, K., Suortti, T. y Poutanen, K. 1993. Heat-induced changes in native and acid-modified oat starch pastes. *Journal of Cereal Science*, 17 (2): 137–145
- Voragen, A.G.J., Pilnik, W., Thibault, J.F., Axelos, M.A.V. y Renard C.M.G.C. 1995. Food Polysaccharides and their Applications, A.M. Stephen (Ed.), Dekker, New York, pp. 287–339
- Voragen, A.G. 1998. Technological aspects of functional food-related carbohydrates. *Trends in Food Science and Technology*, 9: 328–335
- Wada, T., Sugatani, J., Terada, E., Ohguchi, M. y Miwa, M. 2005. Physicochemical characterization and biological effects of inulin enzymatically synthesized from sucrose. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 1246–1253
- Walter, R.H. 1991. Analytical and graphical methods for pectin. In *The Chemistry and Technology of Pectin*, Walter, R.H. (Ed.) Academic Press: New York. pp. 189-225

- Wang, L. y Wang, Y.J. 2001. Structures and physicochemical properties of acid-thinned corn, potato and rice starches. *Starch/ Starke*, 53, 570–576.
- Wang, Y.J., Truong, V.D., Wang, L. 2003. Structures and rheological properties of corn starch as affected by acid hydrolysis. *Carbohydrate Polymers*, 52 (3), 327–333.
- Wang, Y., Zhaoxin, L., Fengxia, L. y Xiaomei, B. 2009. Study on microencapsulation of curcumin pigments by spray drying. *European Food Research and Technology*, 229(3): 391 – 396
- Wang, H., Zhang, Z., Liang, L., Wen, S. y Liu, C. 2010. A comparative study of high-performance chromatography and colorimetric method for inulin determination. *European Food Research and Technology*, 230, 701-706
- Warnecke M. 1991. Gums and jelly products and formulations. *PMCA Prod Conf* 45: 140-162
- Whistler, R.L., BeMiller, J.N. y Paschall, F. 1984. *Starch, Chemistry and Technology (Stärke, Chemie und Technologie)*. Second Edition, Academic Press. Inc., Orlando (Florida) 718 pp
- Whistler, R. y Daniel, R. 1990. Function of polysaccharides. In *Food additives*. New York: Dekker, pp. 399–406.
- Wiedmann, M. y Jager, M. 1997. Synergistic sweeteners. *Food Integr Anal* 11: 51-56
- Wilcock, A., Pun, M., Khanona, J. y Aung, M. 2004. Consumer attitudes, knowledge and behaviour: a review of food safety issues. *Trends in Food Science & Technology*, 15: 56-66
- Wilkinson, C., Dijksterhuis, G.B., y Minekus, M. 2000. From food structure to texture. *Trends in Food Science and Technology*, 11: 442-450
- Willats, W.G.T., Knox, J.P., Mikkelsen, J.D. 2006. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science and Technology*, 17(3), 97-104

- Winning, M., Pihlmann, I.P., 2003. Water Dispersible Compositions Containing Natural Hydrophilic, Water-insoluble Pigments, Methods of Preparing Same and Their Use. Patent Publication No. US 20060118000 A1.
- Wrolstad, R.E., Culver, C.A., 2012. Alternatives to those artificial FD&C food colorants. *Annual Reviews Food Science Technology*, 3 (1): 59–77
- Yang, J., Martinson, T.E. y Liu, R.H. 2009. Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes. *Food Chemistry*, 116: 332-339
- Zallie, J. 1988. Benefits of quick setting starches. *Manufacturing Confectioner*, 66: 41–43
- Ziegler, G.R., MacMillan, B. y Balcom, B.J. 2003. Moisture migration in starch molding operations as observed by magnetic resonance imaging. *Food Research International*, 36: 331–340
- Zimeri, J.E. y Kokini, J.L. 2003. Phase transitions of inulin–waxy maize starch systems in limited moisture environments. *Carbohydrate Polymers*, 51: 183–190
- Zumbé, A., Lee, A. y Storey D. 2001. Polyols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery. *British Journal of Nutrition*, 85(1): S31-S45

8. ANEXOS

Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties

Determinación del tiempo mínimo de secado de caramelos de goma en base a sus propiedades mecánicas

P. Delgado and S. Bañón*

Department of Food Science and Technology and Nutrition, Faculty of Veterinary Science, University of Murcia, Espinardo, 30071 Murcia, Spain

(Received 9 July 2014; final version received 6 October 2014)

The objective was to determine the minimum drying time required for gummy confections to achieve adequate strength for subsequent handling. Four different fruit confections, containing starch and gelatin as gelling agents, were formed in starch powder molds and dried at 21°C and 35% RH for up to 24 h. Changes in jelly texture were monitored by using Textural Profile Analysis (TPA). Physical parameters related to rheological properties, such as moisture, soluble solids, water activity and pH were also measured. Hardness, gumminess and chewiness increased ($P \leq 0.05$) from 12 to 16 h and then stabilized, while cohesiveness and springiness were not affected ($P > 0.05$) by drying time. The texture stabilized before the moisture content became constant. Modest correlation between data concerning texture, dehydration or pH was found. Texture changes were accurately predicted ($R^2 = 0.96$) using polynomial regression equations. TPA was seen to be a useful tool for adjusting the drying time of gummy confections.

Keywords: gummy jelly; dehydration; processing; strength; handling; texturometer

El objetivo fue determinar el tiempo mínimo de secado requerido para que los caramelos de goma logren alcanzar una resistencia adecuada para su posterior manipulación. Cuatro gomas de fruta diferentes, que contenían almidón y gelatina como agentes gelificantes, se formaron en moldes de almidón-polvo y se secaron a 21°C y 35% HR durante un tiempo de hasta 24 h. Los cambios en la textura de las gomas se monitorizaron mediante el análisis del perfil de textura “TPA”. También se midieron parámetros físicos relacionados con las propiedades reológicas, tales como la humedad, sólidos solubles, la actividad de agua y el pH. Los valores de dureza, gomosidad y masticabilidad aumentaron ($P \leq 0,05$) de las 12 a las 16 h y después se estabilizaron, mientras que los valores de cohesividad y elasticidad no estuvieron afectados ($P > 0,05$) por el tiempo de secado. La textura se estabilizó antes de que el contenido en humedad permaneciera constante. Hubo una modesta correlación entre los datos de textura, secado y pH. Los cambios de textura pudieron ser estimados con precisión ($R^2 = 0,96$) utilizando ecuaciones de regresión polinómica. TPA resultó una herramienta útil para ajustar el tiempo de secado de los caramelos de goma.

Palabras claves: caramelo de goma; deshidratación; procesado; resistencia; manipulación; texturómetro

Introduction

Gummy jellies are obtained from concentrated sugar solutions, gelling agents and other ingredients (Burey, Bhandari, Rutgers, Halley, & Torley, 2009). The raw product is first gelatinized by cooking, mixed with acids, colorings and flavoring, and then the molten product is formed in molds of different sizes and/or shapes. The liquor can be prepared by traditional processes, in continuous cookers or in cooker extruders. The final product should achieve at least 75% total soluble solids to preclude mold growth. Depositing (starch or starchless molds), slabbing (flat or contoured) and extrusion can be used as shaping methods; among them, starch molding is particularly recommended in soft and adhesive products, such as gummy jellies, because this method facilitates drying and extraction from the molds (Best, 1999). Both cooking and forming can be easily completed in less than 90 min in a modern confectionery factory. After molding, gummy jellies are cooled and dried by air convection in tunnels or chambers to achieve a consistent solid matrix in the shortest possible time. The drying conditions used will depend on the drying system, jelly composition (i.e. with gelatin or not), type of product (crusted or not) and jelly size. For example, a working temperature from 18 to 35°C and RH ranging from 30 to 65%

are often used for gummy jellies containing gelatin that are dried inside starch molds. Regardless of which drying method is more or less efficient, the time required for the texture of jellies to stabilize is a limiting step in the performance of continuous processing lines, since, depending on the ingredients used and processing applied, many hours may be needed to achieve adequate strength for subsequent handling, without the risk of deformation and/or breaking.

Gummy jellies are characterized by a firm structure with a softness and chewiness conferred by gelatin, starch or pectin-based gels (Burey et al., 2009). This structure is supported by an ungrained soft colloidal system containing gelling agents, sugars, water and other components (Warnecke, 1991), where water acts as a plasticizer to aid gel formation (BeMiller & Whistler, 2009). Starch increases the hardness of gelatin-based gummy confections (Marfil, Anhê, & Telis, 2012). The sugar co-solutes are not part of the polymer network, but can contribute to the formation and rheological behavior of confectionery gels (Morris, 1985), while the pH may affect jelly gelation depending on the isoelectric point of the gelatin used, among other factors (Edwards, 2000). Moisture plays a critical role during the manufacturing of sugar confections, and in an important factor governing texture

*Corresponding author. Email: sanchoba@um.es

(Ergun, Lietha, & Hartel, 2010). In general, the texture changes from soft to hard as the moisture content decreases.

Drying reduces moisture and increases the solids content, which may increase hardness and may also modify other textural properties (Vieira et al., 2008), while water diffusion has been modeled during the drying of starch-molded confections (Sudharsan, Ziegler, & Duda, 2004; Ziegler, MacMillan, & Balcom, 2003), although associated texture changes were not studied. Textural changes in jellies can be monitored through texture profile analysis “TPA” (Pons & Fiszman, 1996), in which different descriptors are evaluated in relation to deformation under an applied force and measured objectively in terms of the force applied, the distance the force is applied and the time of deformation. Unlike other instrumental tests used to measure the texture, TPA simulates the first two bites of the food mastication process, making the technique very suitable for studying the deformation of viscoelastic materials, such as gummy jellies. Gumminess and chewiness are TPA descriptors that are particularly applicable to gelled confections (Borwankar, 1992).

As stated, drying is a resource-intensive process, involving high wastage, and the shorter the time taken to carry this out, the better (Burey et al., 2009). The food industry is interested in optimizing processes to achieve maximum production capacity with minimal energy consumption (Sudharsan et al., 2004). One major industrial concern, apart from product quality, is processing time. Any drying schedule that can reduce the time to obtain the desired moisture content would reduce operating costs, increase product throughput and minimize quality degradation due to excessively long residence times in the dryer (Chou, Chua, Mujumdar, Hawlader, & Ho, 2000). However, extending the drying stage is a common industrial practice to prevent texture defects in gummy jellies. Typical confectionery gum drying times range from 24 to 72 h or more (Sudharsan et al., 2004; Ziegler et al., 2003). The objective was to determine the minimum drying time required to stabilize the texture of gummy jellies made with different fruit shapes and flavors.

Materials and methods

Gummy jelly manufacturing

Gummy jellies were manufactured following normal industrial procedures in a local factory. Three different batches (190 kg of product per batch) of four different fruit (strawberry, raspberry, orange and peach) jellies were made. Table 1 details the ingredients used to elaborate the jellies and their proportions. The gelling agents used were acid-thinned corn starch (Cleargum[®] Mb 76, Roquette Laisa, Valencia, Spain) and type A pork gelatin

Table 1. Gummy jelly ingredients.

Tabla 1. Ingredientes de los caramelos de goma.

Ingredients	g per 100 g
Sucrose	27.7
Water	29.5
Corn syrup	29.5
Acid-thinned corn starch	8.02
Pork gelatin (type A)	3.39
Citric acid	0.89
Lactic acid	0.10
Sodium citrate	0.44
Flavorings	0.22
Colorings	0.23

(Juncá Gelatines, Girona, Spain). Gelatine strength was 240–260 Bloom degrees measured at 6.67 g gelatin per 100 g water and 10°C. The starch and gelatin water solutions were previously prepared in mixing tanks until complete dissolution. The starch was mixed with water at 26°C for 3 min, while gelatin was mixed with hot water at 80°C for 20 min. The major raw ingredients (sucrose, corn syrup, starch solution and gelatin solution) were homogenized in a storage tank and the raw mix was transferred to a continuous cooker at 130°C and 3 kg cm⁻² pressure for 2 min for starch gelatinization. Just after cooking, the moisture content was adjusted by applying -0.6 kg cm⁻² vacuum pressure to increase the solid soluble content of the hot liquor at 78 °Brix.

The heat-sensitive ingredients (acidifying, flavoring and coloring solutions) were separately mixed in emulsion tanks (one tank per fruit type) for 10 min at room temperature (about 30°C) and then transferred to a continuous tubular mixing system (at 80°C) to obtain the different fruit-flavored liquors (strawberry, raspberry, orange and peach). The liquors were deposited into the respective starch powder molds (Figure 1) in a continuous forming machine. The trays containing starch powder were previously conditioned at 30°C and 10% RH for up to 24 h. The quantity of liquor deposited in the mold was the same for all the fruit jellies. The trays containing the hot jellies were kept in a drying room with circulating air at 21°C and 35% RH for 12, 16, 20 or 24 h. Drying times lower than 12 h were not applied because the jellies remained too soft to be handled. After drying, the trays were inverted to remove the jellies from the molds and were then gently brushed to eliminate the rest of the starch powder. Finally, the jellies were polished with Carnauba wax using a rotatory drum to avoid a sticky surface to the jellies. The average weight of jelly units at the end of manufacturing process was 2.13 g (strawberry: 2.11; raspberry: 2.15; orange: 2.12; and peach 2.13). Once the jellies were manufactured, the absence (counts lower than 1 log CFU g⁻¹) of molds and yeasts was checked. Molds and yeasts were counted on Rose-Bengal Agar (Oxoid, CM0549) with chloramphenicol (Oxoid, SR0078E) and incubated at 25°C for 5 days (ISO 21527-2, 2008).

Texture profile analysis

A Texture Profile Analysis “TPA” test was performed using a QTS-25 Texture Analyzer (Brookfield CNS Farnell, Borehamwood, Hertfordshire, England) equipped with a Texture-Pro program v. 2.1. The samples were compressed twice with a flat cylindrical probe (3 mm in diameter), which allowed the sample to be deformed without being penetrated. The testing conditions were: 24°C room temperature; two consecutive cycles of 50% compression; cross-head moved at a



Figure 1. Different fruit shapes for orange, strawberry, peach and raspberry gummy jellies.

Figura 1. Diferentes formatos frutales (naranja, fresa, melocotón y frambuesa) de los caramelos de goma.

Table 2. Descriptors used in the texture profile analysis of fruit gummy jellies.

Tabla 2. Descriptores empleados en análisis de perfil de textura de caramelos de goma.

Texture variable	Description	Units
Hardness	Force required to compress the material by a given amount	N
Cohesiveness	Strength of the internal bonds in the sample	No units
Springiness	Elastic recovery that occurs when the compressive force is removed	mm
Gumminess	The energy required to break down a semi-solid food ready for swallowing	N
Chewiness	Energy required to chew a solid food into a state ready for swallowing	N mm

constant speed of 30 mm/min and a trigger point of 0.05 N. This speed is recommended to obtain values that are closely correlated with the sensory responses (Pons & Fiszman, 1996). The final deformation level was chosen following the recommendations of Pons and Fiszman (1996) and Vieira et al. (2008) for gel food systems. The TPA force–time curve was calculated as described by Bourne (1968) and Mochizuki (2001). Table 2 shows the texture variables determined by TPA in the gummy jellies. Adhesiveness was not included in TPA because this undesirable characteristic was avoided by polishing the jellies with Carnauba wax. Size and the irregular shape of confectionery gels may affect their TPA values, it is important to prepare standardized samples (Teratubo, Tanaka, & Saeki, 2002). For this reason, all the samples were carefully selected according to their geometry using a calibrator of 0.1 mm accuracy prior to the measurements.

Moisture, water activity, total soluble solids and pH

Moisture, water activity, total soluble solids and the pH of gummy jellies were also determined. The moisture content was determined by Karl Fischer titration using an automatic Titrino 702 SM equipped with a No. 6.0338.100 double Pt-wire electrode (Methrom Schweiz, Zofingen, Switzerland). A 0.1 g finely minced sample was dissolved in a working medium composed of 20 ml Hidranal® dry methanol and 20 ml formamide (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA). Formamide improves the solubility of polar substances in methanol and also accelerates the extraction of water from solids at high temperatures. The sample solution was heated at 50°C to favor sample dissolution and was then titrated to dryness with Hidranal® Composite (Sigma-Aldrich). All the samples were analyzed in triplicate. Water activity was determined using a water activity meter (TH200 Novasina Axair AG, Pfäffikon, Switzerland) with an accuracy of 0.001. The units of gummy jellies were cut in half crosswise and both halves were placed in the sample holder to perform the measurements. All measurements were made at 25°C and in triplicate. Three minutes were used as stabilization time before the measurements were made.

Total soluble solids (expressed as g of total soluble solids contained in 100 g or °Brix) were determined using a hand refractometer (Atago Co. Ltd. Minato-ku, Tokyo, Japan) with an accuracy of 0.01 °Brix. The working range was from 58 to 90 °Brix. A 2-mm-thick sliced sample was located in the visor for the measurements. All samples were performed in triplicate. The pH was measured using a micro pH 2001 meter (Crison, Barcelona, Spain) equipped with a glass combined electrode Cat. No. 52–22 (Ingold Electrodes, Wilmington, USA). The samples were cut in thin slices, mixed with hot water (1:3, w:w) and constantly stirred until their complete dissolution. The

hot solution was tempered at 25°C prior to measuring the pH. All measurements were performed in triplicate.

Statistical analysis

The model design was completely random and the drying time was considered as the fixed effect. The effects of drying time on the dependent variables were determined by one-way analysis of variance (ANOVA) at each drying time. Sample size was $n = 36$ (3 jelly units \times 4 fruit shapes \times 3 manufacturing batches). Thus, a representative sample containing four different geometrical properties was analyzed. The least squares means (LSM) and the significance of the treatment were calculated using type IV sum of squares. A Tukey's test was used to compare the LSM means, which were considered to be statistically different when $P \leq 0.05$. Linear correlations were determined as Pearson's coefficients to explain the relationship between dependent variables. Statistical analysis was performed using the Statistix 8 package for Windows (Analytical Software, Tallahassee, Florida, USA). Non-linear regression was performed to predict changes in texture as a function of drying time using the Excel 2010 program (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

Results and discussion

Physical parameters, such as moisture content, °Brix, water activity and pH, are often measured in confectionary factories to control the degree of hydration and the rheological properties of products at different manufacturing stages. The effect ($P \leq 0.05$) of drying time on moisture content, total soluble solids, water activity and pH, of gummy jellies is shown in Figure 2. The average moisture content decreased from 21.7 at 12 h to 21.0 at 20 h and then stabilized. In contrast, the average total soluble solids content increased from 76.9 °Brix at 12 h to 77.7 °Brix at 20 h and then also stabilized. Similarly, the average values of water activity remained constant at 0.72 from 12 to 16 h and then slightly fell to 0.71 from 20 h onwards. The evolution of moisture, soluble solids and water activity values confirmed that no relevant further dehydration occurred after 20 h of drying. However, average pH remained constant at 3.07 from 12 to 16 h and then increased to 3.10 and 3.12 at 20 and 24 h of drying, respectively.

The effects ($P \leq 0.05$) of drying time on TPA values are shown in Figure 3. Hardness increased from 0.79 (12 h) to 0.88 N (16 h) and then stabilized; gumminess increased from 0.50 (12 h) to 0.56 N (16 h) and then stabilized, while chewiness increased from 1.97 (12 h) to 2.20 N mm (16 h) before stabilizing. However, no changes were noticed in terms of drying time for the average values cohesiveness and springiness, which remained constant at around 0.63 and 3.94 mm, respectively.

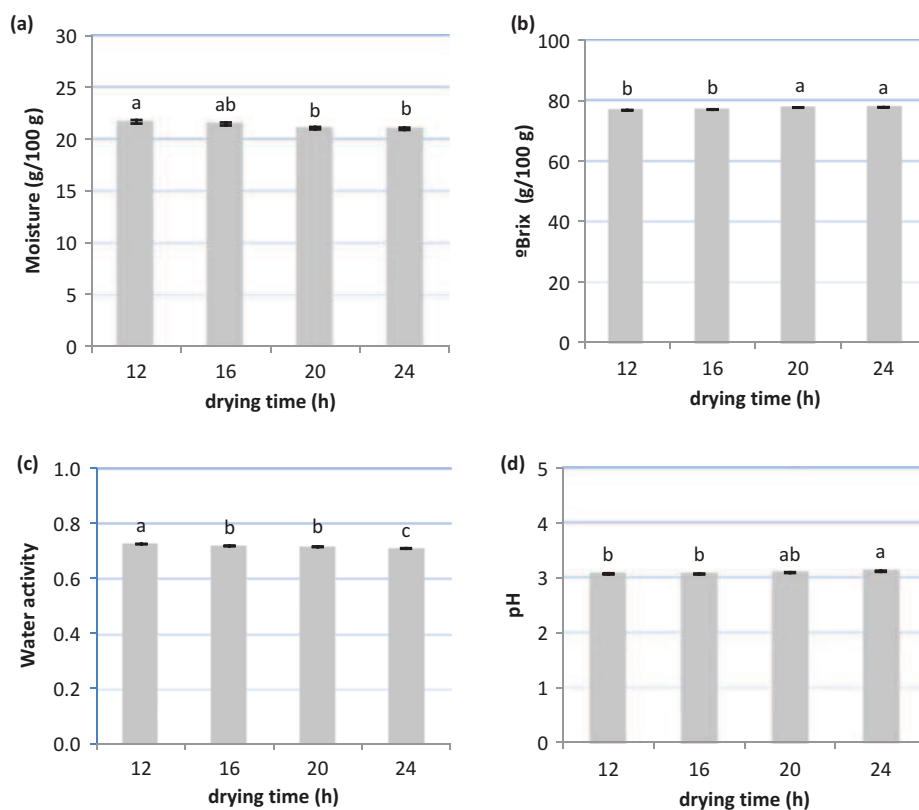


Figure 2. Effects of drying time on (a) moisture content, (b) total soluble solids, (c) water activity and (d) pH of gummy jellies. Note: Means with different superscripts are different at $P \leq 0.05$ (standard error of the mean in bars).

Figura 2. Efecto del tiempo de secado sobre el contenido en (a) humedad, (b) sólidos solubles totales, (c) actividad de agua y (d) pH de caramelos de goma.

Nota: Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0,05$ (error típico de la media en las barras).

Moreover, the texture of gummy jellies stabilized at 16 h, meaning that the holding time of trays in the drying room could be shortened from 24 to 16 h to obtain jellies suitable for handling. Texture stabilized 4 h before the moisture content became constant. Pearson's correlations between physical parameters and TPA properties are shown in Table 3. The highest R coefficients ($R > 0.45$; $P \leq 0.001$) correspond to the total solids content vs hardness, gumminess or chewiness, while, for example, the moisture content did not correlate with any texture property. The total solids content also correlated with a_w ($R = 0.49$; $P \leq 0.001$) but not ($P > 0.05$) with the moisture content or pH. It has been reported that hardness increases as the solid content increases in gummy candies (Vieira et al., 2008). In our case, the modest R coefficients obtained suggest that texture changes in jellies during drying were not only modulated by dehydration phenomena. Gummy jelly is a moisture intermediate food rich in sugars and other hygroscopic components, which gives it a low a_w , and makes it very difficult to dry. It would be necessary to apply higher temperatures and/or lower RH to increase its dehydration rate, but this could delay gel formation and increase the risk of surface crusting. Correlation data suggest that increases in hardness, gumminess and chewiness might be mainly due to the capacity of circulating air to stabilize the gel by cooling, since the moisture content hardly decreased from 21.7% (12 h) to 21.0% (24 h).

The texture properties that were affected by drying time were used for constructing prediction models. Variations in

hardness, gumminess or chewiness were accurately predicted ($R^2 = 0.96$) using polynomial regression equations (Figure 4), which can also be used to monitor changes in jelly texture during drying. Hardness, gumminess and chewiness are texture descriptors particularly applicable to gelled confections (Borwankar, 1992). Hardness is directly proportional to the maximum force required for the jellies to be deformed in the first bite. Gumminess is the result of multiplying hardness \times cohesiveness, while chewiness is the result of multiplying hardness \times cohesiveness \times springiness. In our case, jellies had a high moisture level during drying and their elasticity was not fully developed. Samples remained strongly deformed after the first bite, which decreased their cohesiveness and springiness, whose values strongly depend on mechanical behavior during the second bite. This may explain, on the one hand, why the changes in cohesiveness and springiness during drying were not relevant, and, on the other hand, why hardness, gumminess and chewiness provided similar information to that provided by a simple compression or penetration test. The jelly composition must also be taken into account. The effects of drying on cohesiveness and springiness might have been relevant in jellies with a higher content of gelatin or other gelling agents, because more elastic samples might have better recovered their shape after the first deformation made in the TPA.

Increases in hardness, gumminess and chewiness through drying can be explained by both gelation and dehydration phenomena. The simultaneous actions of both gelling agents on the

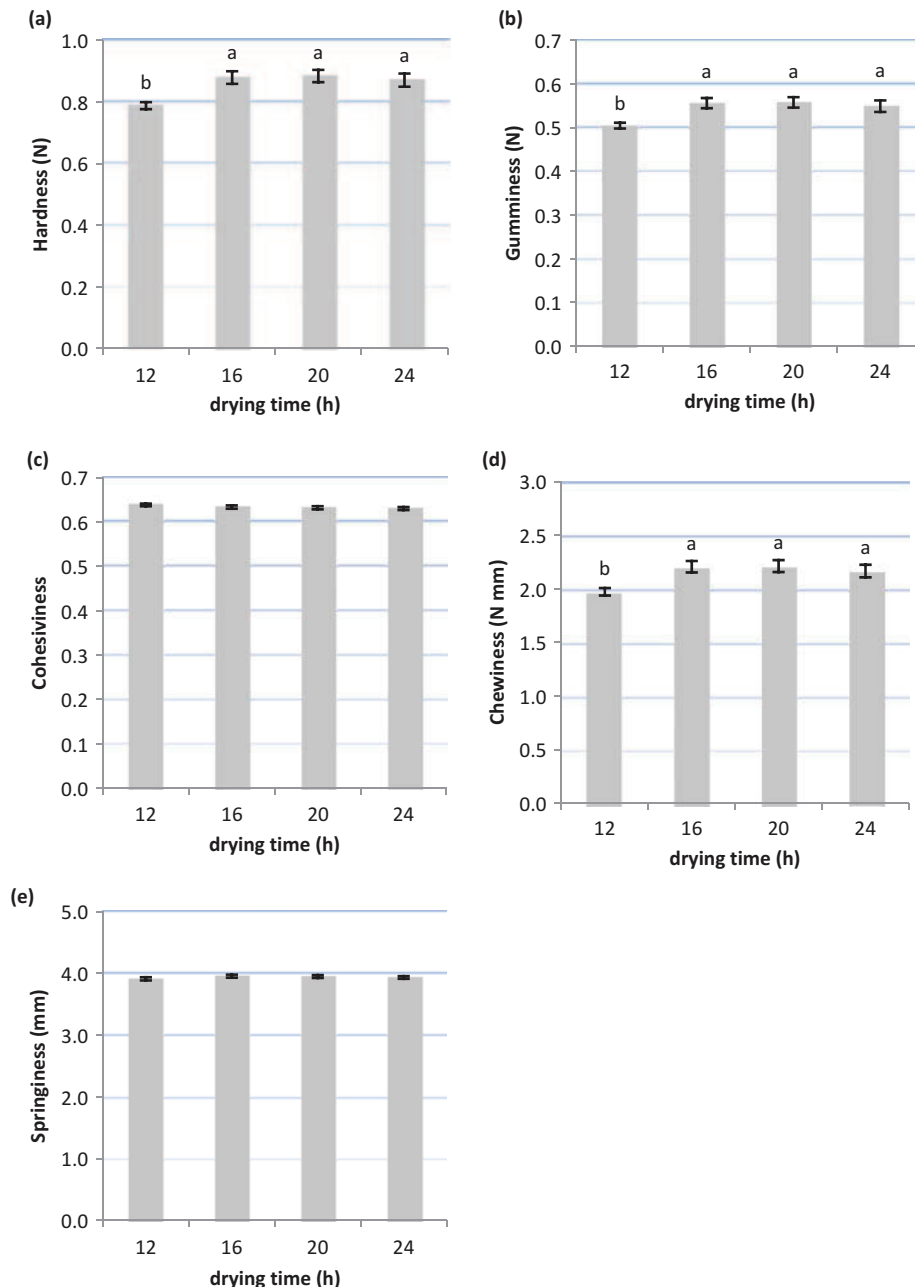


Figure 3. Effects of the drying time on (a) hardness, (b) gumminess, (c) chewiness, (d) cohesiveness and (e) springiness of gummy jellies. Note: Means with different superscripts are different at $P \leq 0.05$ (standard error mean in bars).

Figura 3. Efecto del tiempo de secado sobre la (a) dureza, (b) gomosidad, (c) masticabilidad, (d) cohesividad y (e) elasticidad de los caramelos de goma. Nota: Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0,05$ (error típico de la media en barras).

colloidal system containing sugars, water and other minor components result in the typical firm and chewy structure of gelled candies (Burey et al., 2009; Warnecke, 1991). Gelatin gels provide elasticity, while the addition of starch increases the gel strength and hardness of gelatin-based gummy confections (Marfil et al., 2012). Dehydration is another important factor in jelly texturizing. The dehydration rate of jellies is higher at the beginning of drying in the starch mold, when water activity is still high (Sudharsan et al., 2004; Ziegler et al., 2003). Water transfer from jellies to circulating air during drying gradually reduces their moisture content and increases the content of solids. Candy hardness values were dependent on the solids

contents (Vieira et al., 2008). As has been seen, a significant degree of moisture loss continued after stabilization of the jelly texture. The soluble solids content was more closely correlated with textural changes in jellies than with residual moisture or water activity. In contrast, the pH remained quite stable during jelly drying. Gelatin-based gel strength increases at pH values lower than the isoelectric point of gelatin (Edwards, 2000). The isoelectric point of the pork gelatin used ranged from 6.0 to 9.5, and therefore, minor pH variations during drying could have affected the texture of the jellies with added citric and lactic acids. The pH hardly influences starch gelation in gummy confections (Russell & Oliver, 1989).

Table 3. Pearson's correlations between moisture content, total soluble solids, water activity, pH vs texture properties.

Tabla 3. Correlaciones de Pearson entre el contenido en humedad, sólidos solubles totales, actividad de agua, pH vs propiedades de textura.

<i>N</i> = 144	Moisture <i>R</i>	Soluble solids <i>R</i>	<i>a_w</i> <i>R</i>	pH <i>R</i>
Hardness	-0.08	0.51***	-0.17*	-0.16
Gumminess	-0.08	0.50***	-0.13	-0.20*
Cohesiveness	0.03	-0.21*	0.24**	-0.11
Chewiness	-0.04	0.45***	-0.10	-0.22**
Springiness	0.15	0.09	0.06	-0.23**

Note: Correlation coefficients (*R*) are significant at ****P* ≤ 0.001; ***P* ≤ 0.01; **P* ≤ 0.05.

Nota: Coeficientes de correlación (*R*) significativos para ****P* ≤ 0.001; ***P* ≤ 0.01; **P* ≤ 0.05.

Drying time is a handicap for gummy jelly manufacturing and times ranging from 24 to 72 h or more are commonly applied to dry jellies (Sudharsan et al., 2004; Ziegler et al.,

2003). Drying is an intensive process involving energy consumption (Erbay & Icier, 2010; Mujumdar, 1997). Moreover, uncontrolled changes in moisture content can lead to quality defects, such as excessive stickiness or hardness, lack of body, loss of chewiness, poor handling or crusting (Lees, 1981), which may decrease consumer acceptability (Ergun et al., 2010). TPA can be used as a quality control tool to adjust the drying time of gummy jellies. TPA (Lau, Tang, & Paulson, 2000; Marfil et al., 2012; Siegewein, Vodovotz, & Fisher, 2011; Vieira et al., 2008) and other instrumental tests, such as stress and strain at fracture (DeMars & Ziegler, 2001; Gupta, Sharma, & Sharma, 2007) and simple compression (Hayakawa, Kazami, Fujimoto, Kikuchi, & Kohyama, 2009), have been used to study different confections.

Little information on TPA in confectionary gels is available in the literature. The magnitudes of the parameters measured through TPA are dependent on testing geometries, so it is important to be consistent as regard sample size and shape when testing products (Burey et al., 2009). TPA could be routinely used in confectionary factories for introducing texture specifications so that gummy jellies can be handled without risk of deformation or breakage. Samples can be removed from the

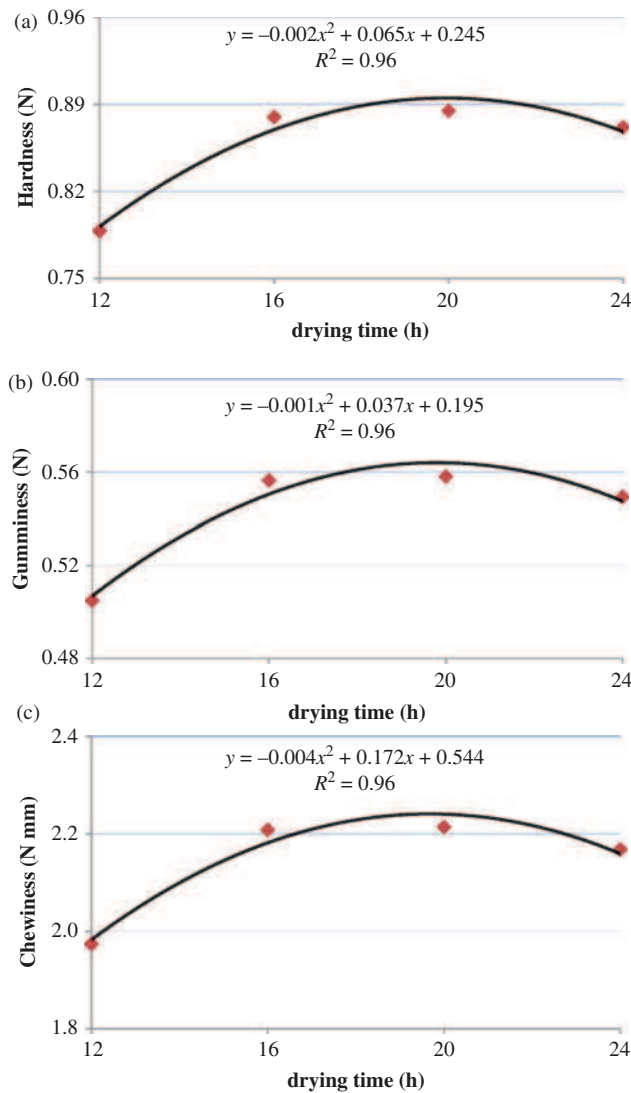


Figure 4. Predictive models for (a) hardness, (b) gumminess and (c) chewiness values during drying.

Figura 4. Modelos de predicción para los valores de (a) dureza, (b) gomosis y (c) masticabilidad durante el secado.

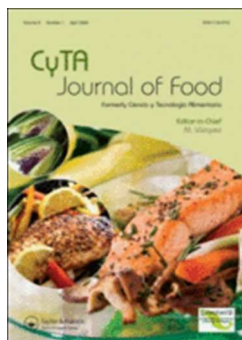
forming trays and measured in a few minutes using a texture-meter. The implementation of other instrumental measurements, such as dynamic rheological analysis, is difficult in factories due to the complexity and difficulty in reproducing the drying phenomena that occur in jellies inside starch beds. Sensory assessment could be applied for this purpose; however, texture evaluation by quantitative descriptive analysis requires that a sufficient number of trained panelists be available and data repeatability and standardization are difficult. In contrast, TPA provides objective criteria based on mechanical properties and permits the holding time of gummy jellies in drying rooms to be optimized.

Conclusions

The use of Texture Profile Analysis allows changes in texture during the drying step of gummy confections to be monitored. Texture stabilization precedes drying, so that adequate gel strength is reached before gummy confections completely dry. The required drying time could be overestimated if monitoring is based on moisture content, water activity or °Brix. In contrast, increases in hardness, gumminess and chewiness will allow the texture stabilization time to be known exactly, making it possible to reduce the time, energy and space required to manufacture the confections and resulting in a more productive process. Thus, TPA-based predictive equations can be considered useful for adjusting drying time, so that the resulting jellies can be handled without damage in confectionary factories. This is very important, since the drying step consumes most of the manufacturing time of gummy confections, limiting the productivity of industrial lines.

References

- BeMiller, J., & Whistler, R. (2009). Starch: Chemistry and technology. In J. BeMiller & R. Whistler (Eds.), *Food science and technology: International series* (3rd ed.). USA: Academic Press.
- Best. 1999. Gum and jellies. In E. B. Jackson (Ed.), *Sugar confectionery manufacture*. Maryland: Asphen.
- Borwankar, R. P. (1992). Food texture and rheology: A tutorial review. *Journal of Food Engineering*, 16(1–2), 1–16. doi:10.1016/0260-8774(92)90016-Y
- Bourne, M. C. (1968). Texture profile of ripening pears. *Journal of Food Science*, 33, 223–226. doi:10.1111/j.1365-2621.1968.tb01354.x
- Burey, P., Bhandari, B., Rutgers, R., Halley, P., & Torley, P. (2009). Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 176–210. doi:10.1080/10942910802223404
- Chou, S. K., Chua, K. J., Mujumdar, A. S., Hawlader, M. N. A., & Ho, J. C. (2000). On the intermittent drying of an agricultural product. *Food and Bioprocess Processing, Transactions of the Institution of Chemical Engineers part C*, 78(4), 193–203. doi:10.1205/09603080051065296
- DeMars, L. L., & Ziegler, G. R. (2001). Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections. *Food Hydrocolloids*, 15, 643–653. doi:10.1016/S0268-005X(01)00044-3
- Edwards, W. P. (2000). *The science of sugar confectionery*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry Publishing.
- Erbay, Z., & Icier, F. (2010). A review of thin layer drying of foods: Theory, modeling, and experimental results. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 441–464. doi:10.1080/10408390802437063
- Ergun, R., Lietha, R., & Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2), 162–192. doi:10.1080/10408390802248833
- Gupta, R. K., Sharma, A., & Sharma, R. (2007). Textural profile analysis of sunflower-sesame kernel confection (chikki). *Journal of Texture Studies*, 38, 153–165. doi:10.1111/j.1745-4603.2007.00091.x
- Hayakawa, F., Kazami, Y., Fujimoto, S., Kikuchi, H., & Kohyama, K. (2009). Time-intensity analysis of sourness of commercially produced gummy jellies available in Japan. *Food Science and Technology Research*, 15(1), 75–82. doi:10.3136/fstr.15.75
- ISO 21527-2. (2008). International organization for standardization publications. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 2: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95. Retrieved from <http://www.iso.org>
- Lau, M. H., Tang, J., & Paulson, A. T. (2000). Texture profile and turbidity of gellan/gelatin mixed gels. *Food Research International*, 33, 665–671. doi:10.1016/S0963-9969(00)00111-3
- Lees, R. (1981). Faults, causes and remedies. In R. Lees (Ed.), *The confectionery industry*. Surbiton: Specialized Publications Ltd.
- Marfil, P. H. M., Anhê, A. C. B. M., & Telis, V. R. N. (2012). Texture and microstructure of gelatin/corn starch-based gummy confections. *Food Biophysics*, 7, 236–243. doi:10.1007/s11483-012-9262-3
- Mochizuki, Y. (2001). Texture profile analysis. In R. E. Wrolstad (Ed.), *Current protocols in food analytical chemistry* (pp. H2.3.1.–H2.3.7). New York, NY: John Wiley & Sons Inc.
- Morris, V. J. (1985). Food gels – Roles played by polysaccharides. In *Chemistry and industry* (Vol. 5, pp. 159–164). London: Elsevier.
- Mujumdar, A. S. (1997). Drying fundamentals. In C. G. J. Baker (Ed.), *Industrial drying of foods* (pp. 7–30). London: Chapman & Hall.
- Pons, M., & Fiszman, S. M. (1996). Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. *Journal of Texture Studies*, 27, 597–624. doi:10.1111/j.1745-4603.1996.tb00996.x
- Russell, P. L., & Oliver, G. (1989). The effect of pH and NaCl content on starch-gel aging: A study by differential scanning calorimetry and rheology. *Journal of Cereal Science*, 10, 123–138. doi:10.1016/S0733-5210(89)80041-4
- Siegwein, A. M., Vodovotz, Y., & Fisher, E. L. (2011). Concentration of soy protein isolate affects starch-based confections' texture, sensory and storage properties. *Journal of Food Science*, 76, E422–E428. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02241.x
- Sudharsan, M. B., Ziegler, G. R., & Duda, J. L. (2004). Modelling diffusion of moisture during stoving of starch-molded confections. *Food and Bioprocess Processing*, 82(1), 60–72. doi:10.1205/096030804322985335
- Teratsubo, M., Tanaka, Y., & Saeki, S. (2002). Measurement of stress and strain during tensile testing of gellan gum gels: Effect of deformation speed. *Carbohydrate Polymers*, 47(1), 1–5. doi:10.1016/S0144-8617(00)00338-6
- Vieira, M. A., Rovaris, A. A., Maraschin, M., Desimas, K. N., Pagliosa, C. M., Podestá, R. ... Amante, E. R. (2008). Chemical characterization of candy made of Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) residue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 4637–4642. doi:10.1021/jf8011085
- Warnecke, M. (1991). Gums and jelly products and formulations. In *Proceedings of 45th P.M.C.A. production conference*, April 22–24 (pp. 140–145). Pennsylvania: Hershey.
- Ziegler, G. R., MacMillan, B., & Balcom, B. J. (2003). Moisture migration in starch molding operations as observed by magnetic resonance imaging. *Food Research International*, 36, 331–340. doi:10.1016/S0963-9969(02)00224-7



Effects of replacing starch by inulin on the physicochemical, texture and sensory characteristics of gummy jellies

Journal:	<i>CyTA - Journal of Food</i>
Manuscript ID	TCYT-2017-0043.R2
Manuscript Type:	Food Science and Technology
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	DELGADO, PAOLA; University of Murcia, BAÑON, SANCHO; University of Murcia,
Keywords:	inulin, starch, dietary fiber, candies, gelling polysaccharides, prebiotics

SCHOLARONE™
Manuscripts

1
2
3
4 1 **Effects of replacing starch by inulin on the physicochemical, texture and sensory**
5
6 2 **characteristics of gummy jellies.**

7
8 3 **Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre las características físico-químicas, de**
9 4 **textura y sensoriales de los caramelos de goma**

10
11
12
13
14
15 6 **Authors: Paola Delgado and Sancho Bañón*.**
16
17

18
19
20 8 **Running Title: Replacing starch by inulin as co-gelling in gelatin jellies**
21
22 9

23
24 10 Affiliations: Department of Food Science and Technology and Nutrition. Faculty of Veterinary
25 11 Science. University of Murcia. Espinardo, 30071. Murcia, Spain.

26
27
28
29
30 13 *Corresponding author: Sancho Bañón. Department of Food Science and Technology and
31 14 Human Nutrition. Veterinary Faculty. University of Murcia. Campus Espinardo 30071. Murcia.
32 15 Spain. Phone: #34 868 888265. / Fax: #34 868 884147. E-mail: sanchoba@um.es
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42

43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53 18 **Abstract**
54
55
56
57
58
59
60

20 This contribution looks at the possibility of replacing acid-thinned corn starch by chicory inulin
21 as gelling co-agents in gummy jellies made with gelatin. A creamy gel could be formed after
22 stirring (70 °C/10 min) an inulin water solution (240 g kg⁻¹) without previous cooking. Starch
23 replacement by inulin (90 g kg⁻¹ raw mass) in jellies provided a slightly softer, springier and
24 stickier texture, enhanced strawberry, sweet and sour flavors, and hardly affected the red color.

1
2
3
4 25 Inulin/oligosaccharides remained without be degraded to free-sugars in jellies after processing
5
6 26 (mixing at 80 °C and pH 3.2 for 5 min and further drying at 30% R.H. and 25 °C for 24 h).
7
8
9 27 Therefore, chicory inulin acted as stable and neutral flavoring ingredient and can be used as
10
11 28 gelling co-agent to develop gummy jellies enriched in dietary fiber with potential prebiotic
12
13 29 activity.

14
15 30 **Keywords:** inulin, starch, dietary fiber, prebiotics, candies, gelling polysaccharides.
16
17
18 31

19 32 **Resumen**

20
21
22 33
23
24 34 Este estudio analiza la posibilidad de sustituir almidón de maíz por inulina de achicoria como
25
26 35 agente co-gelificante en caramelos de goma elaborados con gelatina. A partir de una solución
27
28 36 acuosa de inulina (240 g kg⁻¹) se pudo formar un gel cremoso mediante agitación (70 °C / 10
29
30 37 min) sin necesidad de cocción previa. La sustitución de almidón por inulina (90 g kg⁻¹ masa
31
32 38 cruda) en los caramelos proporcionó una textura ligeramente más blanda, elástica y adhesiva,
33
34 39 potenció los sabores a fresa, dulce y ácido, y apenas afectó el color rojo. La inulina añadida no se
35
36 40 degradó a azúcares simples tras el procesado (mezclado a 80 °C y pH 3,2 durante 5 min y
37
38 41 posterior secado a 30% H.R. y 25 °C durante 24 h). Por tanto, la inulina ha resultado ser un
39
40 42 ingrediente estable y de sabor neutro que puede ser empleado para desarrollar caramelos de
41
42 43 goma enriquecidos en fibra dietética con potencial actividad prebiótica.

43
44 44 **Palabras clave:** inulina, almidón, fibra dietética, prebióticos, caramelos, polisacáridos
45
46 45 gelificantes
47
48

49 50 51 52 53 **Introduction**

54
55 48
56
57
58
59
60

1
2
3
4 49 In recent years, the enrichment of candies with dietary fiber has come to be seen as a suitable
5
6 50 strategy to increase their nutritional quality, including gummy jellies (Koh, Jiang, Kasapis, &
7
8 51 Foo, 2011). Gummy jellies, which are very popular products, widely consumed by children and
9
10 52 teenagers, are elaborated with concentrated sugar solutions, gelatin (combined or not with other
11
12 53 gelling agents) and other minor ingredients (coloring, acid and flavoring agents). The use of gels
13
14 54 based on gelatin and modified starch is extensive in the industry and provides products
15
16 55 characterized by a firm structure, while being soft and chewy (Burey, Bhandari, Rutgers, Halley,
17
18 56 & Torley, 2009). Both gelling agents act synergistically: gelatin provides springy and transparent
19
20 57 gels, while starch increases the hardness and opacity of gelatin candies without affecting their
21
22 58 fracturability or springiness (Marfil, Anhê, & Telis, 2012). Starch is a cheap ingredient with
23
24 59 good gelling properties but is also a source of digestible sugars, and, for this reason, the industry
25
26 60 is looking at the use of non-starchy gelling polysaccharides to meet the new demand for less
27
28 61 caloric candies containing dietary fiber (Goncalves & Rohr, 2009; Koh et al., 2011).
29
30
31
32
33
34

35 63 Inulin is a non-digestible polysaccharide belonging to the fructan group. It is formed of fructose
36
37 64 chains (linked by β -(2-1)-D-fructosyl-fructose bonds) (Ritsema & Smeekens, 2003), and is
38
39 65 obtained industrially from chicory root (*Cichorium intybus*). Inulin has been used to improve the
40
41 66 marketability of foodstuffs as health-promoting food products due to their beneficial
42
43 67 physiological features and prebiotic effects (Flamm, Glinsman, Kritchevsky, Prosky, &
44
45 68 Roberfroid, 2001; Tunland & Meyer, 2002). Moreover, inulin has a gel formation capability
46
47 69 and so can be used as gelling agent in food products (Bot, Erle, Vreeker, & Agterof, 2004;
48
49 70 Chiavaro, Vittadini, & Corradini, 2007; Evageliou, Tseliou, Mandala, & Komaitis, 2010;
50
51 71 Harrington & Morris, 2009; Hébert et al., 1998; Paradiso et al., 2015). Inulin gel can be
52
53 72 obtained by shearing or heating-cooling an inulin suspension (Kim, Faqih, & Wang, 2001) as
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 73 being composed of a tri-dimensional network of insoluble sub-micron crystalline particles
5
6 74 containing large amounts of immobilized water, which ensures its physical stability. A gel-like
7
8
9 75 structure with a white creamy appearance and a spreadable texture is formed when inulin is
10
11 76 thoroughly mixed with water or other aqueous liquids (André et al., 1996; Franck, 2002).
12
13
14

15 78 Little information is available concerning the potential of inulin as a functional ingredient in
16
17 79 candy products, and, in particular, for use as gelling agent in soft candies. Inulin has a synergistic
18
19 80 effect with gelatin (Roberfroid, 2005) and therefore offers good possibilities for use as co-gelling
20
21 81 agent in gummy jellies, a product where gel strength mainly depends on gelatin. The addition of
22
23 82 inulin in low proportions should have little impact on the rheological properties and sensory
24
25 83 quality of products due to its neutral or slightly sweet taste and the limited effect on viscosity
26
27 84 (Franck, 2002; Kalyani Nair, Kharb, & Thompkison, 2010), while its use at relatively high levels
28
29 85 might even enhance the taste, mouthfeel and shelf life without significantly altering the specific
30
31 86 application characteristics (Tungland & Meyer, 2002). In the case of gummy jellies, an acid
32
33 87 product with a potential risk of inulin acid hydrolysis, the impact of using inulin gels on the
34
35 88 resulting flavor, color and texture has not been assessed.
36
37
38
39

40
41 90 The objective of the present study was to determine the effect of replacing starch by inulin on the
42
43 91 texture, color and flavor of gummy jellies. Acid-thinned starch was completely replaced by
44
45 92 chicory inulin in a commercial formulation for jellies and the degradation of inulin to free sugars
46
47 93 was assessed in the final product.
48
49
50

51 94

52 53 54 95 **Materials and methods**

55
56
57 96
58
59
60

1
2
3
4 97 ***Gelling agents***
5

6 98
7

8 99 Three gelling agents were used to manufacture the jelly: (i) chicory inulin (Orafti[®] GR, Beneo,
9
10 100 Tienen, Belgium); (ii) acid-thinned corn starch (Cleargum[®] Mb 76, Roquette Laisa, Valencia,
11
12 101 Spain); and (iii) type A pig skin gelatin (Juncá Gelatines, Girona, Spain). The chicory inulin
13
14 102 consisted of a white odorless powder containing 899 g inulin, 11 g sucrose, 37 g glucose, 33 g
15
16 103 fructose and 20 g water kg⁻¹ product. The average degree of polymerization (DP) of inulin was ≥
17
18 104 10. This medium chain inulin was chosen because it seemed to have a good balance between its
19
20 105 solubility in water, chemical stability and gelling properties. The maximum solubility of inulin
21
22 106 powder in water at 90 °C was 350 g L⁻¹. The inulin water solution (240 g kg⁻¹) was prepared by
23
24 107 stirring (≈800 rpm) at 70 °C for 10 min (at pH 6). The caloric value of inulin powder declared by
25
26 108 the supplier was 8.1 kJ g⁻¹. The acid-thinned corn starch was in the form of a white-yellow
27
28 109 odorless powder of high purity (89 g starch and 11 g water per 100 g product). A starch water
29
30 110 dispersion (410 g kg⁻¹) was prepared by stirring at 25 °C for 3 min (at pH 6). The caloric value of
31
32 111 starch powder declared by the supplier was 14.8 kJ g⁻¹. The pig skin gelatin used consisted of a
33
34 112 granulated (4 mm average diameter) powder with a pale yellow color, a neutral odor and a
35
36 113 neutral flavor. Gelatin strength was 250 °Bloom (measured at 66.7 g gelatin per kg water and 10
37
38 114 °C). The gelatin water solution was prepared by stirring (≈800 rpm) for 20 min (at pH 5 and 80
39
40 115 °C) until complete dissolution.
41
42
43
44
45

46 116
47

48 117
49

50 118 ***Jelly manufacturing***
51

52 119
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 120 Two jelly formulations denominated Starch (ST) and Inulin (IN) were compared: (i) ST- (jellies
5
6 121 containing 90 g starch kg⁻¹) and (ii) IN- (jellies containing 90 g inulin kg⁻¹). The proportions of
7
8 122 the ingredients in the raw jellies are described in Table 1. The amounts of sugars and/or moisture
9
10 123 of ingredients (inulin powder, starch powder and/or sucrose) are included in the respective sugar
11
12 124 and/or water total percentages. The jellies were manufactured in a pilot plant following a
13
14 125 procedure provided by a local company. The main raw ingredients (sucrose, corn glucose syrup
15
16 126 and starch water dispersion) were homogenized by stirring and heating at 120 °C for 5 min. After
17
18 127 cooking, the temperature of the product (liquor) was reduced to 80 °C and then the gelatin water
19
20 128 solution was added and homogenized. Next, the respective water solutions (previously stirred for
21
22 129 10 min at 25 °C) containing the acidifying, flavoring and coloring agents were transferred and
23
24 130 then the liquor was homogenized for 5 min at 80 °C. Finally, it was checked that the final
25
26 131 concentration of soluble solids reached 78±0.01 ° Brix, as measured with a hand refractometer
27
28 132 (Atago Co. Ltd. Minato-ku, Tokyo, Japan). The hot liquor was then poured into the starch
29
30 133 powder molds (printed in trays), which were previously conditioned at 30 °C and 10 % relative
31
32 134 humidity (R.H.) for 24 h. The trays containing hot jellies were kept in a cooling-drying chamber
33
34 135 with circulating air at 21 °C and 35% R.H. for 24 h. After drying, the trays were inverted to
35
36 136 remove the jellies from the molds and were gently brushed to eliminate the rest of the starch
37
38 137 powder. Finally, the jellies were polished with Carnauba wax to avoid an excessively sticky
39
40 138 surface for further handling. The IN-jellies were elaborated following the same procedure as
41
42 139 described above (without starch) and inulin solution was added after cooking at 80 °C and stirred
43
44 140 until completely homogenized. The average dimensions of the jelly pieces (truncated flat cones)
45
46 141 were 28 mm (minor diameter) x 30 mm (major diameter) x 8 mm (height). The average final
47
48 142 weight of the jelly pieces was 7±0.01 g. The jellies were packed in a polystyrene tray Aerpack
49
50 143 B5-37 placed in a Cryovac BB3050 bag (7 g / 24 h / m² water vapor transmission rate at 38°C
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 144 and 90% RH) (Sealed Air Corporation, Ozarów Maz, Poland) and kept at 25 °C for a week
5
6 145 before analysis. Three different batches (replicas) were made.
7
8
9 146
10
11 147

12 13 148 *Moisture, soluble solids and pH*

14
15 149 Some physicochemical characteristics were determined in jellies for their potential effect on the
16
17 150 color, flavor and texture. The moisture content (g kg^{-1}) was determined by Karl Fischer titration
18
19 151 (0.1 g kg^{-1} accuracy) using an automatic Titrino 702 SM instrument equipped with a No.
20
21 152 6.0338.100 double Pt-wire electrode (Methrom Schweiz, Zofingen, Switzerland). A 0.1 g sample
22
23 153 was dissolved in a medium composed of 20 ml Hidranal® dry methanol and 20 ml formamide
24
25 154 (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA). The sample solution was heated at 50 °C until
26
27 155 dissolution and was then titrated to dryness with Hidranal® Composite (Sigma-Aldrich). Total
28
29 156 soluble solids (expressed as g kg^{-1}) were determined using a hand-held Atago refractometer,
30
31 157 placing a 2 mm-thick sliced sample in the visor for the measurements. The pH was measured
32
33 158 using a micropH 2001 meter (Crison, Barcelona, Spain) equipped with a glass combined
34
35 159 electrode, Cat. No. 52–22 (Ingold Electrodes, Wilmington, USA). The samples were cut into thin
36
37 160 slices, mixed with hot water (1:3, w/w) at 25 °C and constantly stirred until complete dissolution.
38
39
40
41
42
43

44 162 *Texture Profile Analysis*

45
46 163
47
48 164 A Texture Profile Analysis (TPA) was performed using a QTS-25 Texture Analyzer (Brookfield
49
50 165 Engineering, Harlow, Essex, England) equipped with the Texture-Pro program v. 2.1. Testing
51
52 166 conditions were chosen on the basis of previous texture studies performed in inulin gels
53
54 167 (Chiavaro et al., 2007; Glibowski & Wasko, 2008; Kim et al., 2001) and the information
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 168 provided by Pons and Fiszman (1996). The samples were compressed twice with a flat
5
6 169 cylindrical probe (20 mm in diameter), which allowed the sample to be deformed without being
7
8 170 penetrated. The testing conditions were: 24 °C room temperature; two consecutive cycles of 50%
9
10 171 compression; cross-head moved at a constant speed of 0.5 mm s⁻¹ and a trigger point of 0.05 N.
11
12 172 Both the crosshead speed and compression percentage were those recommended to obtain values
13
14 173 that are closely correlated with sensory responses in gelatin and polysaccharides based gels
15
16 174 (Muñoz, Pangborn, & Noble, 1986). The TPA force was obtained as described by Bourne (1968)
17
18 175 and Mochizuki (2001). The texture variables analyzed were: (i) Hardness (N): force required to
19
20 176 compress the material by a given amount; (ii) Cohesiveness (no units): strength of the internal
21
22 177 bonds in the sample, the value being the ratio of the areas (force x time) resulting from the
23
24 178 second and first bites; (iii) Springiness (mm): elastic recovery that occurs when the compressive
25
26 179 force is removed, calculated as sample height recovered during the time elapsed from the end of
27
28 180 the first bite to the beginning of the second; (iv): Gumminess (N): the energy required to break
29
30 181 down a semi-solid food ready for swallowing, the values being the result of multiplying hardness
31
32 182 x cohesiveness; and (v) Chewiness (N.mm): energy required to chew a solid food into a state
33
34 183 ready for swallowing and its value is the result of multiplying hardness x cohesiveness x
35
36 184 springiness. Adhesiveness was not included in the TPA because the jellies were covered with
37
38 185 carnauba wax, a lubricant material. To minimize possible deviations in texture values, the
39
40 186 dimensions of all the jelly pieces were previously checked using a calibrator of 0.1 mm accuracy.
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

189 ***CIELAB color***

1
2
3
4 191 Instrumental color was measured using a CR-200/08 Chroma Meter II (Minolta Ltd., Milton
5
6 192 Keynes, United Kingdom) with a D65 illumination standard, 2° observer angle, and aperture size
7
8 193 of 50 mm and calibrated against a standard white tile. Reflectance was measured on jelly surface.
9
10 194 The results were expressed as CIELAB values: Lightness (L*), redness (a*) and yellowness (b*).
11
12 195 The Chroma (C*) and Hue angle (h) (expressed as sexagesimal degrees) values were calculated
13
14
15 196 as follows: $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$; $h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$.
16
17
18
19
20 198

21 199 *Sensory Analysis*

22
23
24 200
25
26 201 A sensory descriptive analysis (ISO 4121, 2003) was performed to assess jelly color, flavor and
27
28 202 texture. Eleven panelists selected from university personnel were specifically trained in four
29
30 203 sessions according to ISO 8586 (2012). The first two training sessions were concerned with
31
32 204 identifying, selecting and quantifying the sensory attributes to be used for treatment evaluation.
33
34
35 205 After consensus, nine sensory descriptors were chosen: hardness, springiness, gumminess,
36
37 206 chewiness, adhesiveness, red tonality, strawberry flavor, sourness, and sweetness. The
38
39 207 descriptors were quantified by using intensity scales graduated in one-point intervals: 1: absent;
40
41
42 208 2: slight; 3: moderate; 4: intense; 5: very intense (see Table 2). The results were expressed as
43
44 209 Sensory Scores (SS). Testing was conducted in the sensory evaluation laboratory kept at 25 °C.
45
46 210 In each session, panelists were given reference samples, experimental gummy jellies,
47
48 211 breadsticks, and water. Samples from different treatments were analyzed individually. Two
49
50 212 randomly coded samples were assessed by each panelist in each session.
51
52

53 213

54
55 214
56
57
58
59
60

1
2
3
4 215 ***Inulin***
5
6

7 216

8
9 217 Inulin (including inulin molecules with different DP, fructooligosaccharides and
10
11 218 inulooligosaccharides) were analyzed by High Performance Size Exclusion Chromatography
12
13 219 (HPSEC). The HPSEC system was equipped with a L-6200 pump (Merck-Hitachi, Darmstadt,
14
15 220 Germany), a 2050 Plus autosampler (Jasco Inc., Easton, UK), a L-7490 Lachrome refractive
16
17 221 index (RI) detector (Merck-Hitachi) and Waters 500, 250 and 120 Ultrahydrogel columns in
18
19 222 line with an Ultrahydrogel guard-column. A water extract sample was filtered using a 0.20 µm
20
21 223 filter to remove proteins prior to analysis. For HPSEC analysis, the column was maintained at 30
22
23 224 °C with an isocratic elution flow rate of 0.8 ml min⁻¹. The eluent consisted of 0.4 M sodium
24
25 225 acetate pH 3.0, which was used for the preparation of the solutions and the mobile phase.
26
27 226 Injection volumes were 20 µl with run time 50 min. Inulin was quantified using a standard
28
29 227 (Chicory Inulin, No. 12255, Sigma, St. Louis, Missouri, USA) to perform the calibration curve at
30
31 228 a concentration ranging from 9.9 to 15.7 g inulin/oligosaccharides 100 g⁻¹ sample.
32
33
34

35 229

36 230

37
38
39 231 ***Statistic***
40

41 232 A randomized statistical design was followed for the experiment. Twenty-four jelly units were
42
43 233 sampled (4 jelly pieces × 3 manufacturing batches × 2 co-gelling agents). Average values of the
44
45 234 dependent variables for individuals were analyzed using the Statistix 8.0 for Windows software
46
47 235 (Analytical Software, Tallahassee, Florida, USA). The effects of treatment (ST- or IN-) on the
48
49 236 dependent variables were determined by one-way analysis of variance (ANOVA). The Tukey
50
51 237 test was used to compare the Least Square Means, which were considered to be statistically
52
53 238 different when P<0.05.
54
55
56
57
58
59
60

239

240 Results and discussion**241 *Effects on moisture, soluble solids and pH***

242 The gummy jellies elaborated with hot liquor at 78.0 °Brix had final total soluble solids values of
243 above 80 °Brix. The total soluble solids were slightly higher in the IN-jellies than in the ST-
244 jellies, while the moisture content was similar in the jellies elaborated with inulin and starch (see
245 Table 3). This may be explained by the different sorption properties of gelatinized starch and
246 inulin. Zimeri & Kokini (2003) compared moisture sorption isotherms and found that gelatinized
247 corn starch had a lower water activity than pre-solubilized inulin, indicating differences in their
248 respective water-binding capacities, which may explain why the IN-jellies had higher soluble
249 solid values than ST-jellies after molding, drying and storage. The jellies had an acidic pH due to
250 the incorporation of citric and lactic acids to reproduce the natural acidity of strawberry. The pH
251 was slightly lower in the IN-jellies than in the ST-jellies. The fact that the pH values of the starch
252 and inulin dispersions were similar (6), which suggests that there were some differences in the
253 quantity and/or the type of degradation compounds formed from inulin and starch. Part of the
254 acids added might have reacted with the glucose chains released from gelatinized starch, while
255 inulin was less exposed to thermal degradation. The relevance of pH for the chemical stability of
256 gelling polysaccharides is well known. The glycosidic bonds can be broken in an acidic medium,
257 resulting in the formation of low molecular fractions from the branched and linear chains of
258 polysaccharides (Wang, et al., 2003). Despite being quite acid-resistant, inulin can be hydrolyzed
259 to oligosaccharides and sugars at a pH of around 3.5. For this reason, a reduction in pH from 5 to
260 3 decreased the degree of polymerization of gelled inulin (prepared at 200 g kg⁻¹ and 80 °C for
261 30 min, and then kept at 5 °C for 21 h) from 165 g kg⁻¹ (2787 g mol⁻¹ molecular weight) to 45 g
262 kg⁻¹ (731 g mol⁻¹), producing soft creamier gels (Glibowski & Wasko, 2008). Other authors

1
2
3
4 263 reported similar findings for other inulin gels (Franck, 2002; Kim et al., 2001), although there is
5
6 264 no specific information on gelled candies made with inulin. Whatever the case, inulin hydrolysis
7
8 265 would be more intense in aqueous media with a higher water activity than in media with a high
9
10 266 concentration of sugars, such as jellies. On the other hand, gel strength increases at pH values
11
12 267 lower than the isoelectric point of pig skin type A gelatin (pH from 6.0 to 9.5), which makes this
13
14 268 gelatin particularly suitable for acid jellies (Edwards, 2000). In our study, the differences in the
15
16 269 pH or moisture/solids content observed between treatments can be considered as minor or
17
18 270 irrelevant, and any possible difference in texture, flavor or color observed between both types of
19
20 271 jelly can probably be attributed to the different properties provided by chicory inulin and cooked
21
22 272 corn starch.
23
24
25
26
27

28 274 *Effects on texture*

29
30 275 According to the TPA test (Figure 1), hardness and chewiness were lower in the IN-jellies (24.5
31
32 276 N and 75.4 N mm, respectively) than in the ST-jellies (27.7 N and 80.6 N mm); in contrast,
33
34 277 springiness was higher in the IN-jellies (4.35 mm) than in the ST-jellies (4.21 mm), while there
35
36 278 were no differences between treatments for gumminess (IN-jellies: 17.4 N; ST-jellies: 19.3 N)
37
38 279 and cohesiveness (IN-jellies: 0.7 no units; ST-jellies: 0.7 no units). According to this, the use of
39
40 280 inulin decreased gel strength, resulting in weaker and more easily deformable jellies; however,
41
42 281 the IN-jellies were more elastic and recovered their original dimensions better than the ST-
43
44 282 jellies. As expected, the chewiness value was more useful than gumminess value for
45
46 283 discriminating elasticity in jellies, a solid matrix. In general, sensory texture scoring (Figure 1)
47
48 284 reproduced the results obtained by TPA, as has also been reported in isomaltulose-based gummy
49
50 285 confections (Periche, Heredia, Escriche, Andrés, & Castelló, 2014). Hardness (resistance to the
51
52 286 first bite using incisor teeth) and chewiness (number of chews required for swallowing) also
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 287 scored lower in the IN-jellies (2.6 and 3.0, respectively) than in the ST-jellies (3.7 and 3.2,
5
6 288 respectively). By contrast, springiness (inversely, the time required to recovery the original
7
8 289 dimensions after compression using the ring finger) scored slightly higher in the IN-jellies (2.3)
9
10 290 than in the ST-jellies (1.9), while there were no differences in gumminess (elasticity during
11
12 291 mastication using molar teeth) between the IN-jellies (3.1) and the ST-jellies (3.2). Moreover,
13
14 292 adhesiveness (stickiness after the first bite using incisor teeth) scored lower in the IN-jellies (2.7)
15
16 293 than in the ST-jellies (3.3). Thus, both instrumental and sensory analyses confirmed that the
17
18 294 replacement of starch by inulin resulted in slightly softer, springier and stickier jellies.
19
20
21
22 295

23
24 296 The differences in texture observed between treatments could be explained by the different
25
26 297 rheological properties of starch and inulin gels as well as their possible synergies with gelatin.
27
28 298 Inulin water solutions/dispersions ranging from 250 to 500 g kg⁻¹ are able to form
29
30 299 thermoreversible gels at low temperatures (Flamm et al., 2001). Gel strength will depend on the
31
32 300 mechanical treatment and the temperature applied during gel preparation. Gel formation from
33
34 301 inulin solution by shearing at high temperature (80 °C) favors the dispersion of small insoluble
35
36 302 inulin particles, inducing a gel-like texture. This sol-gel transition is the result of association of
37
38 303 polymer molecules in the polymer solution. Therefore, inulin gels formed under heating (while
39
40 304 stirring) are stronger, smoother and more uniform than those obtained without heating (Kim et
41
42 305 al., 2001). In our study, the creamy inulin gel prepared by stirring at 70 °C had a suitable strength
43
44 306 for use in jellies. Moreover, the synergy between gelatin and inulin has been documented. Inulin
45
46 307 can be added at 25-100 g kg⁻¹ to gelatin gel (type B at 50 g kg⁻¹) without affecting the texture,
47
48 308 while it was necessary to add high quantities of inulin (200 g kg⁻¹) to decrease gel elasticity
49
50 309 (Harrington & Morris, 2009), which is much higher quantity than those used in our study. On the
51
52 310 other hand, acid-thinned corn starch granules suffer complete gelatinization at cooking
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 311 temperatures (>70 °C) (Yousif, Gadallah, & Sorour, 2012). Further transformations of
5
6 312 gelatinized starch during jelly processing include gelation and retrogradation. Irreversible
7
8 313 gelation occurs as the result of cooking in the presence of excessive water. The granules of starch
9
10 314 swell, increasing their size and viscosity until they break. When this occurs, a mixture of
11
12 315 fragments of swollen amylopectin-rich granules, dissolved and hydrated granules, and dissolved
13
14 316 molecules of amylose is formed (Langton & Hermansson, 1989). After gelation, starch gels
15
16 317 suffer retrogradation due to the reorganisation and crystallisation of gelled amylose and
17
18 318 amylopectin molecules, which leads to retraction and hardening in starch-based gelled candies
19
20 319 (Díaz, Ros, & Bañón, 2010), a defect that can be partially corrected using acid-treated starch
21
22 320 (Sandhu, Singh, & Lim, 2007). The retrogradation rate of acid-thinned starch gels increased as
23
24 321 hydrolysis proceeded (Kang, Kim, Lee, & Kim, 1997).
25
26
27
28
29

30
31 322
32
33 323 The use of starch increases gel strength and hardness in gelatin-based gummy confections
34
35 324 (Marfil et al., 2012), however, inulin has relatively few applications in candies and there is little
36
37 325 information available on the gelatin-inulin interaction in such products. Inulin has been
38
39 326 successfully used (at 4-13 g kg⁻¹) as a texturizing agent to increase firmness in soft jellies made
40
41 327 without other gelling agents (Goncalves & Rohr, 2009). Inulin has also been tested with good
42
43 328 results to increase the fiber content in durum wheat spaghetti. A high quantity (150 g kg⁻¹) of
44
45 329 higher molecular weight inulin was incorporated in pasta without any effect on firmness and
46
47 330 cooking loss (Aravind, Sissons, Fellows, Blazek, & Gilbert, 2012). In a similar study, the
48
49 331 addition of inulin (up to 100 g kg⁻¹) decreased the swelling index and firmness but did not affect
50
51 332 elasticity and adhesiveness in cooked pasta (Brennan, Kuri, & Tudorica, 2004). Another
52
53 333 rheological study confirmed that inulin can be incorporated as a fiber in low-caloric milk
54
55 334 chocolate within of a wide technological margin (670-860 g kg⁻¹) (Abassi & Farzanmehr, 2009).
56
57
58
59
60

1
2
3
4 335 Inulin has also been compared with other gelling polysaccharides used as functional ingredients
5
6 336 in food products. For example, an inulin gel had lower strength and firmness and similar
7
8 337 elasticity to a gel containing acyl gellan gel (Evageliou et al., 2010).
9

10 338

11
12
13 339 *Effects on color and flavor*

14
15 340 As regards color (Figure 2), the IN-jellies had higher values of lightness (L*) redness (a*) and
16
17 341 yellowness (b*) (32.0, 34.4 and 4.3 CIE units, respectively) than the ST-jellies (27.8, 25.3 and -
18
19 342 0.5 CIE units, respectively). The values of chroma (C*) and hue angle (h*) were also higher in
20
21 343 the IN-jellies (34.8 and 6.6 CIE units, respectively) than in the ST-jellies (25.3 and -1.2 CIE
22
23 344 units). According to these reflectance values, the IN-jellies were lighter and had a more reddish
24
25 345 tonality than the ST-jellies. This may be explained by the inherent optical properties of each
26
27 346 gelling agent. Inulin water solution is a colorless liquid that can increase jelly lightness,
28
29 347 enhancing the reddish tonality, while starch gel is slightly opaque. In a similar study (Marfil et
30
31 348 al., 2012), the incorporation of acid modified corn starch increased opacity in gelatin gels. In
32
33 349 contrast, the panelists did not score differences ($P>0.05$) in red tonality (dark to bright) between
34
35 350 IN-jellies (2.4) and ST-jellies (2.3), so that, from a sensory point of view, the use of starch or
36
37 351 inulin was considered irrelevant for redness in “strawberry-colored” jellies. A similar finding
38
39 352 was reported in another study on soft candies containing inulin (at 4-13 g kg⁻¹) and red coloring
40
41 353 (Goncalves & Rohr, 2009).

42
43 354 Strawberry flavor clearly scored higher in the IN-jellies (3.4) than in the ST-jellies (2.5) (Figure
44
45 355 3). Although there is no specific information on candies, it is generally accepted that inulin, a
46
47 356 polysaccharide with a bland neutral taste without any off-flavor or aftertaste, can be combined
48
49 357 with other food ingredients without modifying delicate flavors, even enhancing the natural flavor
50
51 358 of some products, such as desserts (Tárrega & Costell, 2006), bakery products, breakfast cereals
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 359 or low-fat dairy products (Franck, 2002). Sourness and sweetness are also typical flavor
5
6 360 attributes of strawberry jellies. Sourness scored higher in the IN-jellies (2.9) than in the ST-
7
8 361 jellies (1.6), which was coherent with the lower pH observed in the IN-jellies. The relationship
9
10 362 between sourness and pH is well known in food products. Amerine, Roessler, & Ough (1965)
11
12 363 reported that differences of 0.05 pH units were easily detected by a sensory panel trained for
13
14 364 assessing sourness in citric or lactic acid solutions (at pH around 3.3), although this was not
15
16 365 confirmed in further studies (CoSeteng, McLellan, & Downing, 1989). Sourness mainly depends
17
18 366 on the concentration of citric and lactic acids and is the first dominant sensation in the mouth
19
20 367 during tasting of this type of soft candy, while strawberry perception predominates at the end
21
22 368 (Saint-Eve et al. 2011). Moreover, inulin, with its more neutral flavor than cooked starch, could
23
24 369 also have enhanced the perception of sourness, as it did with the strawberry flavor. Similarly,
25
26 370 sweetness also scored higher in the jellies made with inulin (3.2) compared with those made with
27
28 371 starch (2.7). Inulin has no sweet flavor, although the chicory inulin powder used in our study was
29
30 372 slightly sweet (10% relative sweetening power with respect to sucrose) because it contains
31
32 373 oligosaccharides and hydrolyzed sugars (Franck, 2002). Ten DP inulin contains one molecule of
33
34 374 glucose for every nine molecules of fructose, since fructose has a higher sweetening power
35
36 375 (173%) than glucose (74%) (Bellisle, & Drewnowski, 2007), jellies made with inulin contained a
37
38 376 higher proportion of fructose-based molecules (oligosaccharides and sugars) than those made
39
40 377 with starch, which may explain the differences in sweetness observed between both jelly types.
41
42 378 Unlike our findings, the addition of inulin (at 4-13 g kg⁻¹) did not improve the flavor in soft
43
44 379 candies containing strawberry and milk flavorings (Goncalves, & Rohr, 2009). In another study
45
46 380 on cooked wheat pasta, inulin had little impact on the flavor and could be used within of a wide
47
48 381 sensory margin (Aravind et al., 2012). Our sensory assessment showed that chicory inulin clearly
49
50 382 enhanced jelly flavor compared with cooked (acid-thinned) corn starch. Moreover, this flavor
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 383 enhancement could also have been influenced by the changes observed in jelly texture. In
5
6 384 general, overall flavor is perceived stronger in softer gels with a rapid breakdown rate.
7
8 385 Therefore, the compounds responsible for strawberry, sweet and sour flavors may be released
9
10 386 more quickly in the mouth from weak and fragile gels, as occurred in IN-jellies, while the same
11
12 387 flavoring compounds would be more tightly retained in strong and cohesive gels (Boland,
13
14 388 Delahunty, & Van Ruth, 2006; Kälviäinen, Roininen, & Tuorila, 2000).
15
16
17
18
19

20 390 *Inulin stability*

21 391 The IN-jellies contained 121 ± 4 g inulin kg^{-1} , which was similar to the maximum value expected
22 392 for the final product (120 g kg^{-1}). Therefore, sugar release, a possible limiting factor when using
23 393 inulin in acidic jellies, was considered to be irrelevant. As already mentioned, inulin, as other
24 394 polysaccharides, is susceptible to hydrolysis depending on the temperature and duration of
25 395 exposure to the acidic environment. When hydrolysis occurs, the long chain oligosaccharide is
26 396 broken down into shorter chains and simple sugars. There is no available information on inulin
27 397 stability in candies, although it has been reported that inulin gels are able to release reducing
28 398 sugars at pH values around 3.5 (Kim et al., 2001; Glibowski & Wasko, 2008). On the other hand,
29 399 oligofructose is quite stable in environments with a low pH at hot temperature. Oligofructose
30 400 hydrolysis is insignificant at 60 °C under acidic conditions (pH 3.3), although it could be
31 401 considerable at 60 - 80 °C (Matusek, Merész, Diem Le, & Örsi, 2009). Whatever the case, the
32 402 intensity of hydrolyzing reactions in inulin gels cannot be fully extrapolated to gummy jellies, a
33 403 product with a high concentration of sugars and with a low moisture content. In our study, inulin
34 404 did not appear to be degraded in jellies despite that the conditions suitable for hydrolyzing inulin
35 405 began when the hot liquor was acidified. This fact may be explained by the high chemical
36 406 stability of the commercial chicory inulin used in our study. For example, it was obtained a 140 g
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 407 kg⁻¹ released sugars when a water solution of the same type of chicory inulin (125 g L⁻¹) was
5
6 408 hydrolyzed in a chemical reactor at pH 3.5 and 150 °C for 5 min (León, Santos, López, &
7
8 409 Antolín, 2005).
9

10 410

11
12 411 Regardless of other quality aspects, the replacement of starch by dietary fiber in food products
13
14 412 aims to reduce their caloric value. Inulin suffers a low degree of acid hydrolysis in the stomach,
15
16 413 although it can be degraded by bacteria that colonize the colon (Rossi et al., 2005), so its caloric
17
18 414 value is low compared with starch. Chicory inulin and oligofructose, like all the other
19
20 415 carbohydrates that are more or less completely fermented in the human colon, have been given a
21
22 416 caloric value of 6.3 kJ g⁻¹, while dietary carbohydrates, which are absorbed as hexose (glucose,
23
24 417 fructose), have a caloric value of 16.3 kJ g⁻¹ (Roberfroid, 1993). According to these estimations,
25
26 418 the replacement of 120 g kg⁻¹ acid thinned corn starch by chicory inulin would decrease the
27
28 419 caloric value of gummy jellies by 120 kJ 100 g⁻¹. This seems a modest reduction in the caloric
29
30 420 value for a sugar product, but the use of inulin could be combined with other strategies, such as
31
32 421 the use of sugar replacers, to elaborate dietary candies.
33
34
35
36
37
38
39
40
41

42 422

43 423

44 424 **Conclusions**

45 425

46 426 Acid-thinned corn starch can be replaced by chicory inulin as gelling co-agent to develop
47
48 427 gummy jellies enriched in dietary fiber. Unlike starch, inulin gel can be formed by shearing at
49
50 428 hot temperature without previous cooking, which simplifies the manufacturing procedure and
51
52 429 reduces the thermal treatment required. The replacement of starch by inulin modified the texture
53
54 430 flavor and, to lesser extent, color in strawberry-type jellies. The jellies made with inulin were
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 431 slightly softer, springier and stickier than those made with cooked starch. Moreover, the use of
5
6 432 inulin enhanced strawberry, sweet and sour flavors, which suggests that inulin powder, with its
7
8 433 pool of fructose-based molecules, is a neutral flavoring ingredient with a higher sweetening
9
10 434 power than cooked starch. Inulin was not degraded in jellies despite the potential risk of
11
12 435 hydrolysis due the thermal and acidifying treatments applied in the manufacturing process.
13
14 436 Therefore, chicory inulin can be used as gelling co-agent to develop less caloric gelatin jellies
15
16 437 enriched in dietary fiber with potential prebiotic activity. However, future studies should be
17
18 438 carried out to optimize the ingredients (degree of inulin polymerization, inulin/gelatin ratio,
19
20 439 replacement of sugars by low-caloric sweeteners, and addition of acids) and processing
21
22 440 conditions (pH, heating and cooling temperatures) in order to obtain new products with
23
24 441 improved sensory and nutritional properties. Additionally, studies with potential consumers
25
26 442 should be conducted to determine the acceptance of gummy jellies made with inulin.
27
28
29
30
31
32
33
34

35 445 **References**

- 36 446
37
38
39 447 Abassi, S., & Farzanmehr, H. (2009). Optimization of the Formulation of Prebiotic Milk
40
41 448 Chocolate Based on Rheological Properties. *Food Technology and Biotechnology*, 47(4), 396-
42
43 449 403.
44
45
46 450 Amerine, M.A., Roessler E.B., & Ough C.S. Acids and the Acid Taste. I. (1965). The
47
48 451 Effect of pH and Titratable Acidity. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 29-37.
49
50 452 André, I., Putaux, J.L., Chanzy, H., Taravel, F.R., Timmermans, J.W., & DeWit, D.
51
52 453 (1996). Single crystals of inulin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 18, 195-
53
54 454 204. doi.org/10.1016/0141-8130(95)01075-0
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 455 Aravind, N., Sissons, M.J., Fellows, C.M., Blazek, J., & Gilbert, E.P. (2012). Effect of
5
6 456 inulin soluble dietary fiber addition on technological, sensory, and structural properties of
7
8 457 durum wheat spaghetti. *Food Chemistry*, 132, 993-1002. doi:10.1016/j.foodchem.2011.11.085
9

10 458 Bellisle, F., Drewnowski, A. (2007). Intense sweeteners, energy intake and the control
11
12 459 of body weight. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61, 691-700.
13
14 460 doi:10.1038/sj.ejcn.1602649
15

16
17 461 Boland, A., Delahunty, C., & Van Ruth, S. (2006). Influence of the texture of gelatin
18
19 462 gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. *Food Chemistry*, 96, 452-
20
21 463 460. doi:10.1016/j.foodchem.2005.02.027
22

23
24 464 Bot, A., Erle, U., Vreeker, R., & Agterof, W.G.M. (2004). Influence of crystallisation
25
26 465 on the large deformation rheology of inulin gels. *Food Hydrocolloids*, 18, 547-556.
27
28 466 doi:10.1016/j.foodhyd.2003.09.003
29

30 467 Bourne, M.C. (1968). Texture profile of ripening pears. *Journal of Food Science*, 33,
31
32 468 223-226. doi: 10.1111/j.1365-2621.1968.tb01354.x
33

34
35 469 Brennan, C.S., Kuri, V., & Tudorica, C.M. (2004). Inulin-enriched pasta: effects on
36
37 470 textural properties and starch degradation. *Food Chemistry*, 86, 189-193.
38
39 471 doi:10.1016/j.foodchem.2003.08.034
40

41
42 472 Burey, P., Bhandari, B., Rutgers, R., Halley, P., & Torley, P. (2009). Confectionery
43
44 473 Gels: A Review on Formulation, Rheological and Structural Aspects. *International Journal of*
45
46 474 *Food Properties*, 12(1), 176-210. doi: 10.1080/10942910802223404
47

48
49 475 Chiavaro, E., Vittadini, E., & Corradini, C. (2007). Physicochemical characterization
50
51 476 and stability of inulin gels. *European Food Research and Technology*, 225, 85-94. doi:
52
53 477 10.1007/s00217-006-0385-y
54

- 1
2
3
4 478 Díaz, P., Ros, J.M., & Bañón, S. (2010). Monitoring retrogradation in liquorice-type
5
6 479 sweets of different size and hardness. *Starke*, 62(11), 558-565. doi: 10.1002/star.200900205
7
8 480 Edwards, W.P. (2000). Gums, gelled products and liquorice. In W.P. Edwards (Ed.),
9
10 481 *The Science of Sugar Confectionery* (pp. 121-144). Cambridge: The Royal Society of
11
12 482 Chemistry Publishing.
13
14 483 Evageliou, V., Tseliou, G., Mandala, I., & Komaitis, M. (2010). Effect of inulin on
15
16 484 texture and clarity of gellan gels. *Journal of Food Engineering*, 101, 381-385.
17
18 485 doi:10.1016/j.jfoodeng.2010.07.023
19
20 486 Flamm, G., Glinsman, W., Kritchevsky, D., Prosky, L., & Roberfroid, M. (2001). Inulin
21
22 487 and Oligofructose as a dietary fiber: A review of the evidence. *Critical Reviews in Food*
23
24 488 *Science and Nutrition*, 41(5), 353-362. doi:10.1080/20014091091841
25
26 489 Franck, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British*
27
28 490 *Journal of Nutrition*, 87(2), S287-S291. doi: 10.1079/BJN/2002550
29
30 491 Glibowski, P., Wasko, A. (2008). Effect of thermochemical treatment on the structure
31
32 492 of inulin and its gelling properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 43,
33
34 493 2075-2082. doi:10.1111/j.1365-2621.2008.01825.x
35
36 494 Goncalves, A.A., & Rohr, M. (2009). Development of soft candies with addition of
37
38 495 inulin. *Alimentación y Nutrición*, 20(3), 471-478.
39
40 496 Harrington, J.C., & Morris, E.R. (2009). Conformational ordering and gelation of
41
42 497 gelatin in mixtures with soluble polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 23, 327-336. doi:
43
44 498 10.1016/j.foodhyd.2008.03.003
45
46 499 Hébette, C.L.M., Delcour, J.A., Koch, M.H.J., Booten, K., Kleppinger, R., &
47
48 500 Mischenkod, N. (1998). Complex melting of semi-crystalline chicory (*Chicorium intybus L.*)
49
50 501 root inulin. *Carbohydrate research*, 310, 65-75. doi:10.1016/S0008-6215(98)00154-2
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 502 ISO 4121. (2003). International Organization for Standardization Publications. Sensory
5
6 503 analysis methodology. Evaluation of food products by methods using scales. In *Sensory*
7
8 504 *analysis methodology*. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:4121:ed-2:v1:en>

10 505 ISO 8586. (2012). General guidance for the selection and training and monitoring of
11
12 506 assessors. Part 1. Selected assessors. In *Sensory analysis methodology*. Retrieved from
13
14 507 <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8586:ed-1:v2:en>

16 508 Kälviäinen, N., Roininen, K., & Tuorila, H. (2000). Sensory characterization of texture
17
18 509 and flavor of high viscosity gels made with different thickeners. *Journal of Texture Studies*, 31,
19
20 510 407-420. doi: 10.1111/j.1745-4603.2000.tb00299.x

22 511 Kalyani Nair, K., Kharb, S., & Thompkison, D.K. (2010). Inulin dietary fiber with
23
24 512 functional and health attributes - A review. *Food Reviews International*, 26(2), 189-203.
25
26 513 doi:10.1080/87559121003590664

28 514 Kang, K.J., Kim, K., Lee, S.K., & Kim, S.K. (1997). Relationship between Molecular
29
30 515 Structure of Acid-Hydrolyzed Rich Starch and Retrogradation. *Korean Journal of Food*
31
32 516 *Science and Technology*, 29, (5), 876-881.

34 517 Kim, Y., Faqih, M.N., & Wang, S.S. (2001). Factors affecting gel formation of inulin.
35
36 518 *Carbohydrate Polymers*, 46, 135-145. doi: 10.1016/S0144-8617(00)00296-4

38 519 Koh, L., Jiang, B., Kasapis, S., & Foo, C. (2011). Structure, sensory and nutritional
39
40 520 aspects of soluble-fiber inclusion in processed food products. *Food Hydrocolloids*, 25(2), 159-
41
42 521 164. doi:10.1016/j.foodhyd.2010.03.013

44 522 Langton, M., & Hermansson, A.M. (1989). Microstructural changes in wheat starch
45
46 523 dispersions during heating and cooling. *Food Structure*, 8(1), 29-39.

- 1
2
3
4 524 León, O., Santos, M., López, R., & Antolín, G. (2005). Optimización de la hidrólisis
5
6 525 ácida de la inulina. Obtención de jugo fermentable para la producción de bioetanol. *Ingeniería*
7
8 526 *Química*, 423, 199-203.
- 9
10 527 Marfil, P.H.M., Anhê, A.C.B.M., & Telis, V.R.N. (2012). Texture and microstructure of
11
12 528 gelatin/corn starch-based gummy confections. *Food Biophysics*, 7, 236-243. doi:
13
14 529 10.1007/s11483-012-9262-3
- 15
16
17 530 Matussek, A., Merész, P., Diem Le, T.K., & Örsi, F. (2009). Effect of temperature and
18
19 531 pH on the degradation of fructo-oligosaccharides. *European Food Research and Technology*,
20
21 532 228, 355-365. doi: 10.1007/s00217-008-0941-8
- 22
23
24 533 CoSeteng, M.Y., McLellan, M.R., & Downing, D.L. (1989). Influence of Titratable
25
26 534 Acidity and pH on Intensity of Sourness of Citric, Malic, Tartaric, Lactic and Acetic Acids
27
28 535 Solutions and on the Overall Acceptability of Imitation Apple Juice. *Canadian Institute of*
29
30 536 *Food Science and Technology Journal*, 22, 46-51. doi.org/10.1016/S0315-5463(89)70300-x
- 31
32
33 537 Mochizuki, Y. (2001). Texture Profile Analysis. In R.E. Wrolstad (Ed.). *Current*
34
35 538 *protocols in food analytical chemistry* (pp. H2.3.1.-H2.3.7.). New York: John Wiley and Sons
36
37 539 Inc.
- 38
39 540 Muñoz, A.M., Pangborn, R.M., & Noble, A.C. (1986). Sensory and mechanical
40
41 541 attributes of gel texture. II. Gelatine, sodium alginate and *k*-carrageenan gels. *Journal of*
42
43 542 *Texture Studies*, 17, 17-36. doi: 10.1111/j.1745-4603.1986.tb00711.x
- 44
45
46 543 Paradiso, V.M., Giarnetti, M., Summo, C., Pasqualone, A., Minervini, F., & Caponio, F.
47
48 544 (2015). Production and characterization of emulsion filled gels based on inulin and extra virgin
49
50 545 olive oil. *Food Hydrocolloids*, 45, 30-40. doi:10.1016/j.foodhyd.2014.10.027

1
2
3
4 546 Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., & Castelló, M.L. (2014). Optical,
5
6 547 mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. *Food*
7
8 548 *Bioscience*, 7, 37-44. doi:10.1016/j.fbio.2014.05.006
9

10
11 549 Pons, M., Fiszman, S.M. (1996). Instrumental texture profile analysis with particular
12
13 550 reference to gelled systems. *Journal of Texture Studies*, 27, 597–624. doi: 10.1111/j.1745-
14
15 551 4603.1996.tb00996.x
16

17
18 552 Ritsema, T., & Smeekens, S. (2003). Fructans: beneficial for plants and humans.
19
20 553 *Current Opinion in Plant Biology*, 6(3), 223-230. doi: 10.1016/S1369-5266(03)00034-7
21

22
23 554 Roberfroid, M. (1993). Dietary fiber, inulin, and oligofructose: A review comparing
24
25 555 their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(2), 103-148.
26
27 556 doi: 10.1080/10408399309527616
28

29
30 557 Roberfroid, M.B. (2005). Introducing inulin-type fructans. *British Journal of Nutrition*,
31
32 558 93(1):S13-S25. doi: 10.1079/BJN20041350
33

34
35 559 Rossi, M., Corradini, C., Amaretti, A., Nicolini, M., Pompei, A., Zanoni, S., &
36
37 560 Matteuzi, D. (2005). Fermentation of fructooligosaccharides and inulin by bifidobacteria: a
38
39 561 comparative study of pure and fecal cultures. *Applied and Environmental Microbiology*,
40
41 562 71(10), 6150-6158. doi:10.1128/AEM.71.10.6150–6158.2005
42

43
44 563 Saint-Eve, A., Déléris, I. Panouillé, M., Dakowski, F., Cordelle, S., Schlich, P., &
45
46 564 Souchon, I. (2011). How Texture Influences Aroma and Taste Perception Over Time in
47
48 565 Candies. *Chemosensory Perception*, 4, 32–41. doi: 10.1007/s12078-011-9086-4.
49

50
51 566 Sandhu, K.S., Singh, N., & Lim, S.T. (2007). A comparison of native and acid thinned
52
53 567 normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting
54
55 568 properties. *LWT-Food Science and Technology*, 40, 1527–1536. doi:10.1016/j.lwt.2006.12.012
56
57
58
59
60

1
2
3
4 569 Tárrega, A., Costell, E. (2006). Effect of inulin addition on rheological and sensory
5
6 570 properties of fat-free starch-based dairy desserts. *International Dairy Journal*, 16, 1104-1112.
7
8 571 doi:10.1016/j.idairyj.2005.09.002
9

10 572 Tunland, B.C., & Meyer, D. (2002). Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary
11
12 573 fiber): Their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food*
13
14 574 *Science and Food Safety*, 1(3), 90-109. doi: 10.1111/j.1541-4337.2002.tb00009.x
15
16

17 575 Wang, Y., Truong, V., & Wang, L. (2003). Structures and rheological properties of corn
18
19 576 starch as affected by acid hydrolysis. *Carbohydrate Polymers*, 52(3), 327-333.
20
21 577 doi:10.1016/S0144-8617(02)00323-5
22
23

24 578 Yousif, E.I., Gadallah, M.G.E., & Sorour, A.M. (2012). Physico-chemical and
25
26 579 rheological properties of modified corn starches and its effect on noodle quality. *Annals of*
27
28 580 *Agricultural Science*, 57(1), 19-27. doi:10.1016/j.aoas.2012.03.008
29

30 581 Zimeri, J.E., & Kokini* J.L. (2003). Phase transitions of inulin-waxy maize starch
31
32 582 systems in limited moisture environments. *Carbohydrate Polymers*, 51, 183-190. doi:
33
34 583 10.1016/S0144-8617(02)00127-3
35
36

37 584
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1 Table 1. Gummy jelly formulation.

2 Tabla 1. Formulación de los caramelos de goma.

3

Ingredients	g kg ⁻¹
Glucose syrup 790 g kg ⁻¹	383
Water	263
Sucrose ^a	208
Starch or Inulin ^b	9
Pig skin gelatin A ^c	35
Citric acid	9
Lactic acid	5
Sodium citrate	1
Vitamins	2
Allure red coloring	2
Strawberry flavor	2

4

5 ^a For the formulation, sugars contained in inulin powder were quantified as sucrose.

6 ^b Acid-thinned corn starch or chicory inulin (excluding water and/or sugars).

7 ^c Type A pig skin gelatin (excluding water).

8

9 ^a Para la formulación, azúcares contenidos en la inulina fueron cuantificados como sacarosa.

10 ^b Almidón de maíz modificado o inulina de chicoria (excluyendo agua y/o azúcares).

11 ^c Gelatina de tipo A (excluyendo agua).

Table 2. Sensory descriptors and reference scales used for the quantitative descriptive analysis of gummy jellies.

Tabla 2. Descriptores sensoriales y escalas de referencia usadas para el análisis descriptivo de los caramelos de goma.

Attributes	Description	References	Scale 1-5 ^a
Hardness	Resistance to the first bite using incisor teeth	ST-jellies	26 – 52 g kg ⁻¹ gelatin
Adhesiveness	Stickiness after the first bite using incisor teeth	ST-jellies	26 – 52 g kg ⁻¹ gelatin
Springiness	Inversely, time required to recovery the original dimensions after compression using ring finger	ST-jellies	26 – 52 g kg ⁻¹ gelatin
Gumminess	Elasticity during mastication using molar teeth	ST-jellies	26 – 52 g kg ⁻¹ gelatin
Chewiness	Number of chews required for swallowing	ST-jellies	26 – 52 g kg ⁻¹ gelatin
Redness	Intensity of red tonality from dark to bright	Red plates	26 -49 CIE a* units 5 – 32 CIE b* units
Strawberry Flavor	Intensity of strawberry flavor	Strawberry flavoring water solution	5 - 15 g kg ⁻¹
Sourness	Intensity of acid flavor	Sucrose syrup/citric acid water solution	49/1 – 247/5 g kg ⁻¹
Sweetness	Intensity of sweet favor	Sucrose syrup/citric acid water solution	49/1 – 247/5 g kg ⁻¹

^a Concentration and CIELab values used to define the minimum (1) and maximum (5) sensory scores.

^a Concentración y valores CIELab usados para definir los valores mínimo (1) máximo (5) de la escala.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Table 3. Effect of replacing starch by inulin on moisture, total soluble solids and pH of gummy jellies.

Tabla 3. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre el contenido en humedad, sólidos solubles y el pH de los caramelos de goma.

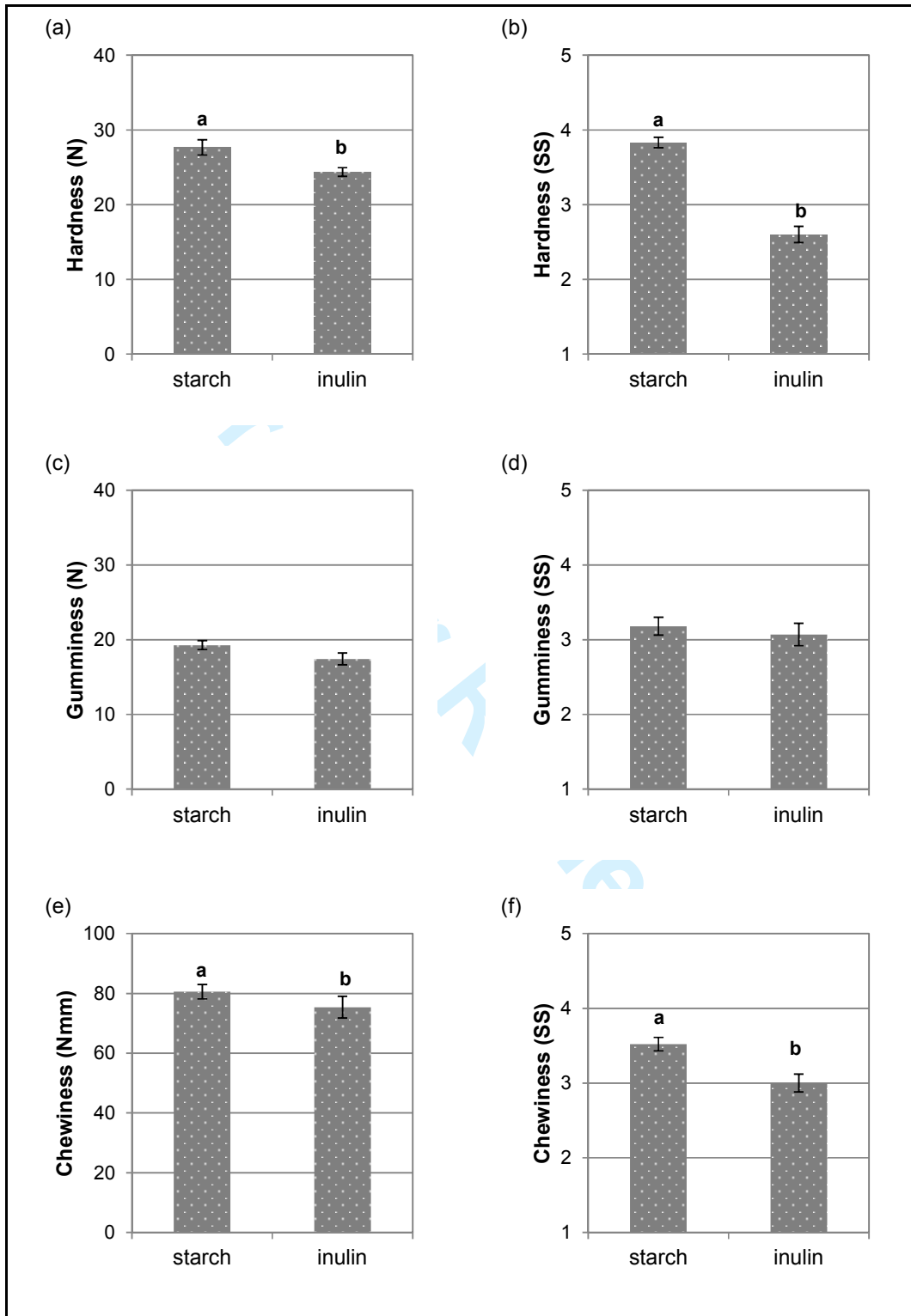
	Starch		Inulin	
	M	SE	M	SE
Moisture (g kg ⁻¹)	177	1.6	180	2.3
Soluble solids (° Brix)	80.1 ^b	0.06	80.7 ^a	0.12
pH	3.46 ^a	0.01	3.22 ^b	0.01

M: mean; SE: standard error of the mean.

Means with different superscripts are different for $P \leq 0.05$.

M: media; SE: error estándar de la media.

Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0.05$.



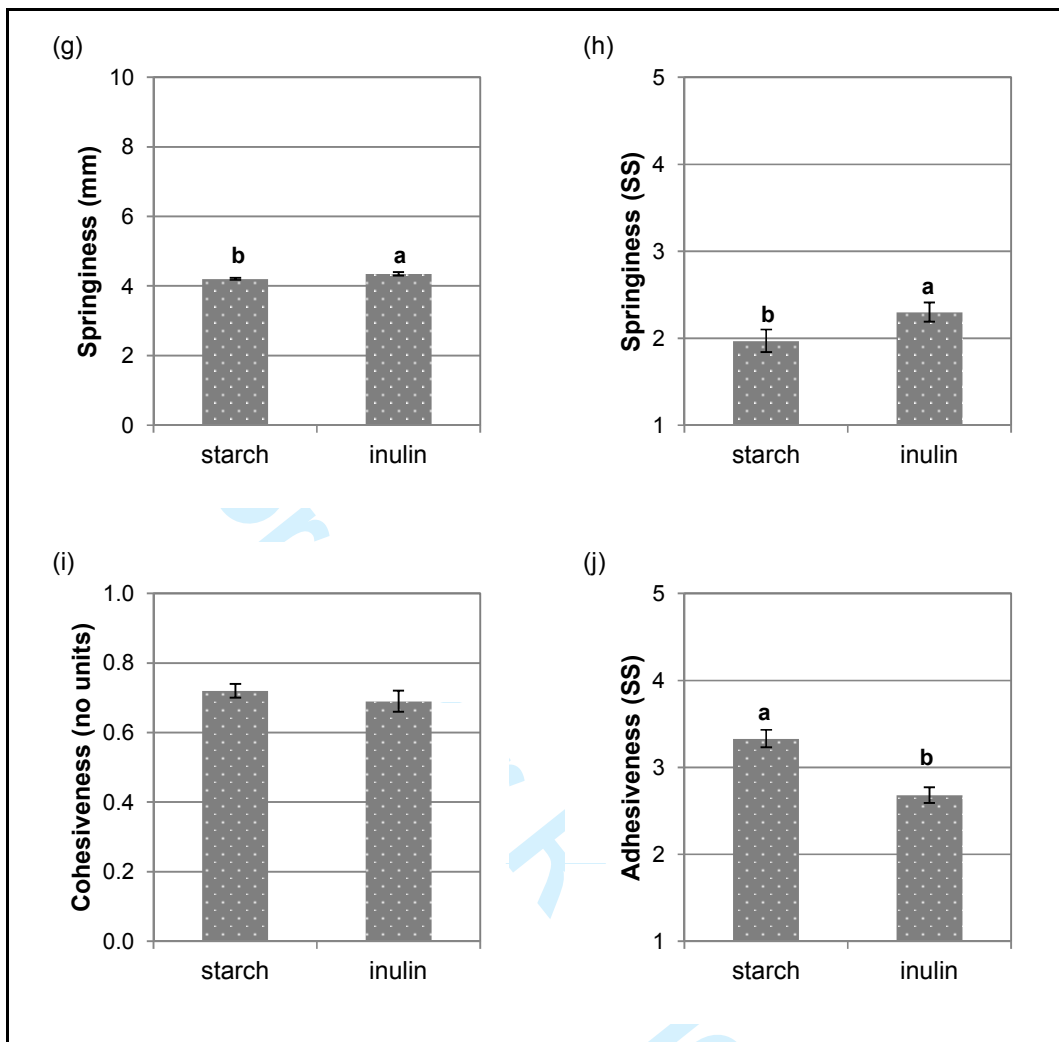


Figure 1. Effect of replacing starch by inulin on the instrumental (figures a, c, e, g and i) and sensory (figures b, d, f, h and j) texture of gummy jellies.

Note: Means with different superscripts are different at $P \leq 0.05$ (standard error of the mean in bars). SS: sensory scores.

Figura 1. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre la textura instrumental (a, c, e, g y i) y sensorial (b, d, f, h y j) de los caramelos de goma.

Nota: Medias con diferentes superíndices son diferentes para $P \leq 0.05$ (error estándar de la media en barras). SS: puntuaciones sensoriales.

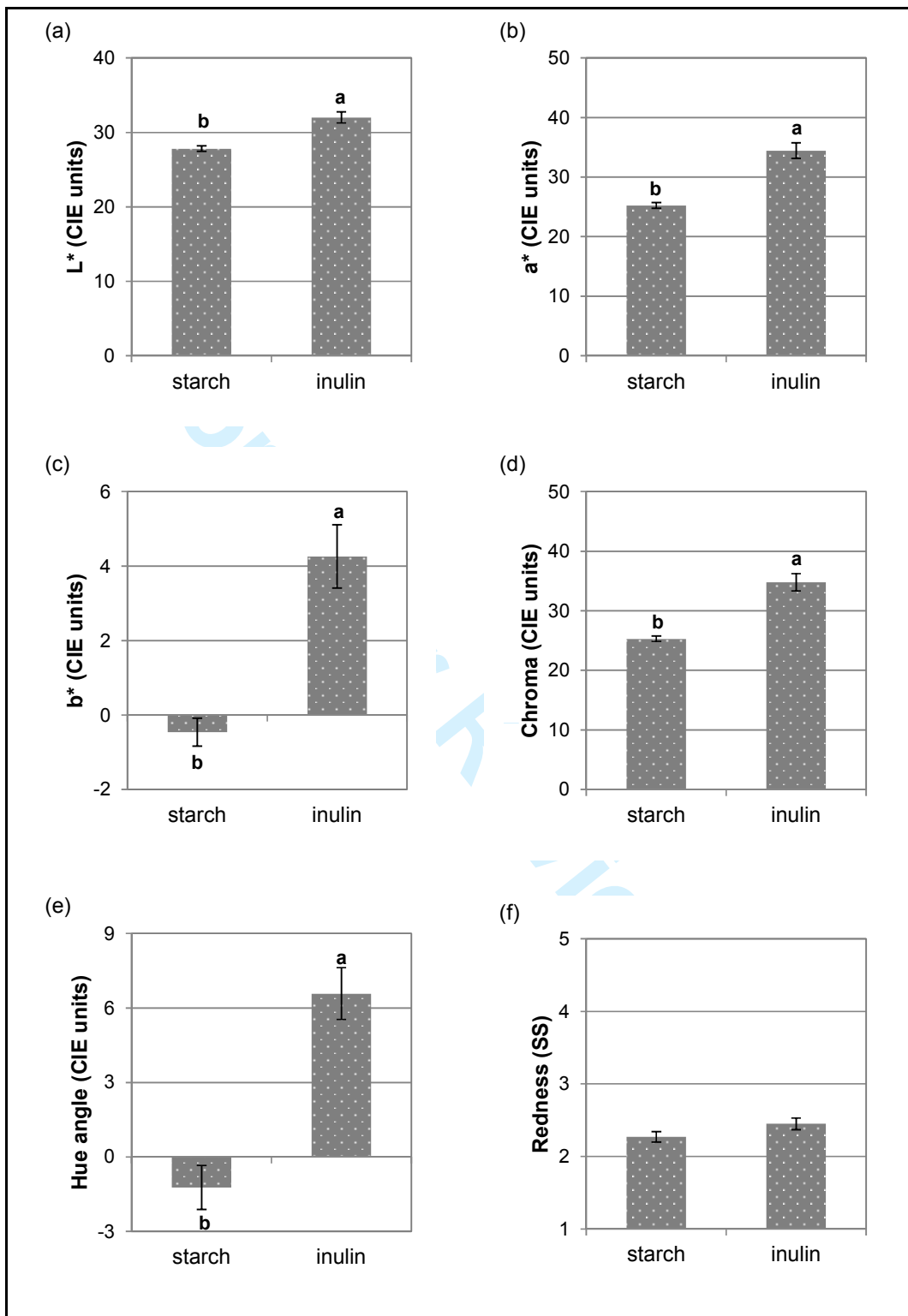


Figure 2. Effect of replacing starch by inulin on the CIELAB color (figures a, b, c, d and e) and the redness tonality (figure f) of gummy jellies.

1
2 Note: Means with different superscripts are different at $P \leq 0.05$ (standard error of the mean in
3 bars). SS: Sensory scores.
4
5
6
7

8
9 Figura 2. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre el color CIELab (a, b, c, d y e) y
10 la tonalidad roja (f) de los caramelos de goma.
11

12 Nota: Medias con diferente superíndice son diferentes para $P \leq 0.05$ (error estándar de la media en
13 barras). SS: puntuaciones sensoriales.
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

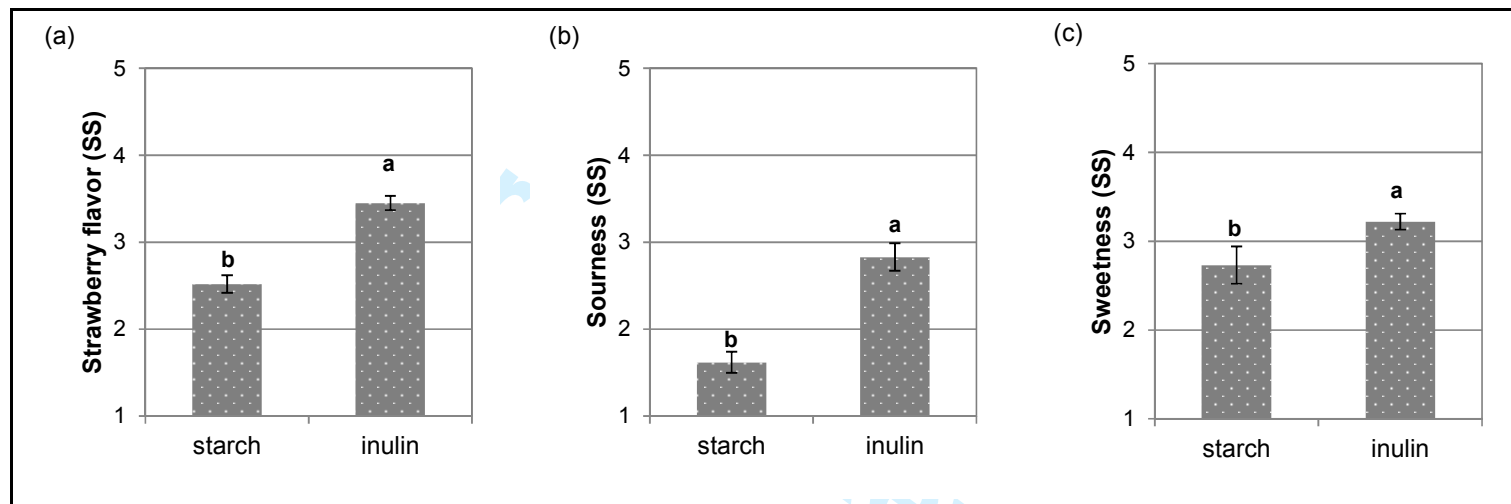


Figure 3. Effect of replacing starch by inulin on the strawberry (figure a), acid (figure b) and sweet flavor (figure c) of gummy jellies.

Note: Means with different superscripts are different at $P \leq 0.05$ (standard error of the mean in bars). SS: Sensory scores.

Figura 3. Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre el sabor a fresa (a), sabor ácido (b) y sabor dulce (c) de los caramelos de goma.

Nota: Medias con diferente superíndice son diferentes para $P \leq 0.05$ (error estándar de la media en barras). SS: puntuaciones sensoriales.