

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**DESARROLLO E INNOVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS HÍBRIDOS:
APLICACIÓN DE QUINOA COMO NUEVO INGREDIENTE EN LA
ELABORACIÓN DE POSTRES LÁCTEOS**

TRABAJO FIN DE GRADO

Julio-2023

Autor: Ángel Joaquín Ponce Martínez

Tutor/a: Juana Fernández López

Co-tutor/a: Nuria Muñoz Tébar

Escuela Politécnica Superior de Orihuela

Universidad Miguel Hernández



Este trabajo forma parte del proyecto de I+D+i "Desarrollo e innovación de productos lácteos funcionales usando compuestos bioactivos procedentes de la valorización de coproductos agroalimentarios" (Referencia PID2021-123628OB-C43), financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y "FEDER Una manera de hacer Europa".



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Evolución del consumo de alimentos de origen animal y vegetal	1
1.2 Tipos de dietas basadas en productos de origen vegetal	3
1.3 Beneficios del incremento del consumo de productos de origen vegetal	4
1.4 Interés de la quinoa como ingrediente en alimentos funcionales	5
1.5 Oferta de productos lácteos híbridos en el mercado	7
1.6 Justificación del trabajo	8
2. OBJETIVOS.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Elaboración de las natillas	11
3.2 Valor nutricional	12
3.3 Análisis físico-químicos	12
3.4 Análisis sensorial	15
3.5 Análisis estadístico	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
4.1 Valor nutricional	16
4.2 Propiedades físicoquímicas.....	19
4.3 Análisis sensorial	23
5. CONCLUSIONES	26
6. BIBLIOGRAFÍA.....	27

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Evolución del consumo de alimentos de origen animal y vegetal

El incremento del conocimiento por parte de la población general en lo que respecta al ámbito de la salud ha provocado una mayor preocupación por los elementos que componen la dieta, teniendo como consecuencia un aumento de tendencias como el incremento del consumo de productos de origen vegetal y la disminución en el consumo de productos de origen animal, como son los productos lácteos y cárnicos. Aunque este tipo de dietas no se rigen estrictamente a la actualidad, sino que ya se seguían en el pasado (Fehér et al., 2020). En las **Figuras 1 y 2** se muestra la evolución del consumo de productos lácteos y cárnicos en los últimos 5 años en España.

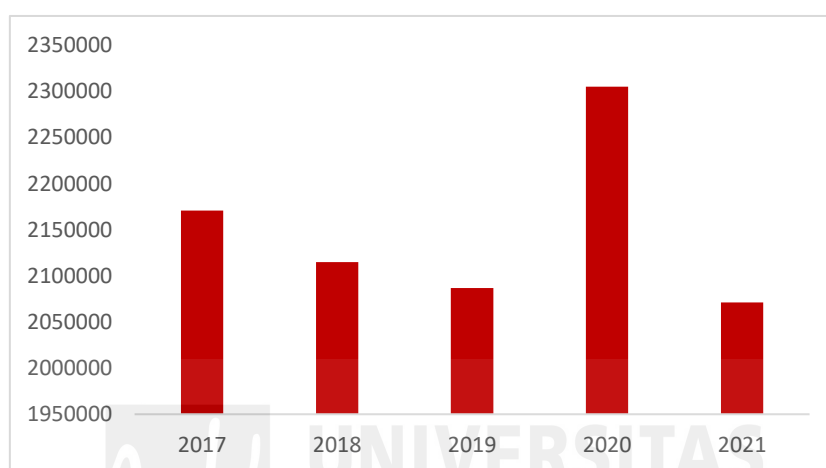


Figura 1. Evolución del consumo de carne en España 2017 – 2021 (millones de Kg). Fuente: MAPA (2021).

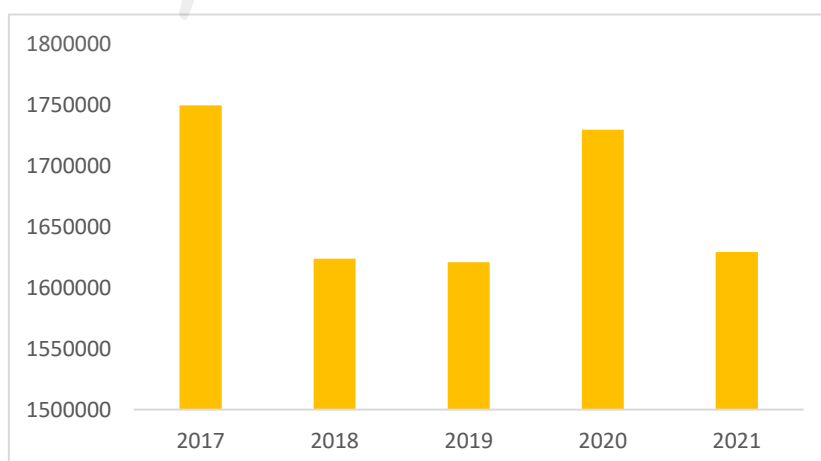


Figura 2. Evolución del consumo de productos lácteos en España 2017 – 2021 (millones de Kg). Fuente: MAPA (2021).

De acuerdo con los datos ofrecidos por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, ha habido una tendencia de reducción del consumo de carne y productos lácteos entre 2020 y 2021, posterior al incremento ocurrido en el año 2020, coincidente con el fin del confinamiento a fecha del 21 de junio de 2020. El consumo de productos cárnicos en 2021 se vio reducido en un 10,2 % con respecto al 2020 (**Figura 1**), mientras que el consumo de productos lácteos y derivados se redujo en un 5,2 % (**Figura 2**). En lo que respecta a la carne, esta ha seguido una tendencia de reducción de su consumo desde

el año 2008. Esta misma tendencia de reducción, aunque también existente, no es tan notable en el sector de los productos lácteos, los cuales únicamente se han visto reducidos en un 1,9 % con respecto al 14,8 % que suponía la carne en 2008. No obstante, en el caso de los lácteos, el consumo de derivados lácteos se ha visto aumentado ligeramente (MAPA, 2021). Estos datos, guardan cierta relación con los relativos al consumo de alimentos de origen vegetal, presentados en las **Figuras 3 y 4**:

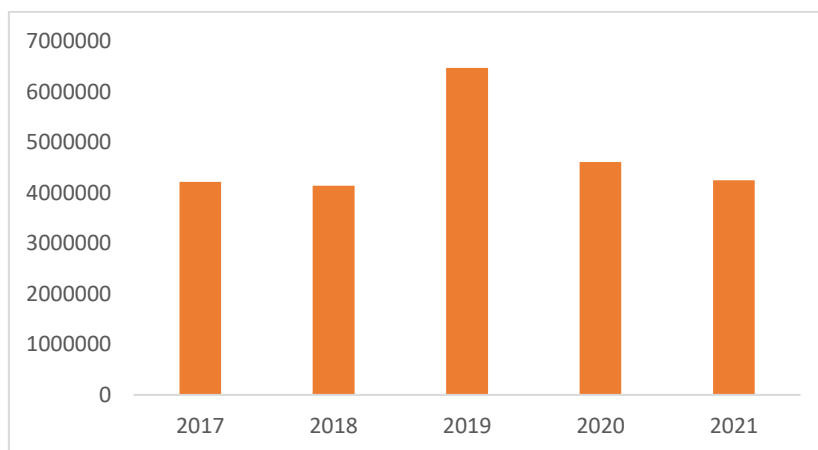


Figura 3. Evolución del consumo de frutas frescas en España 2017 – 2021 (millones de Kg). Fuente: MAPA (2021).

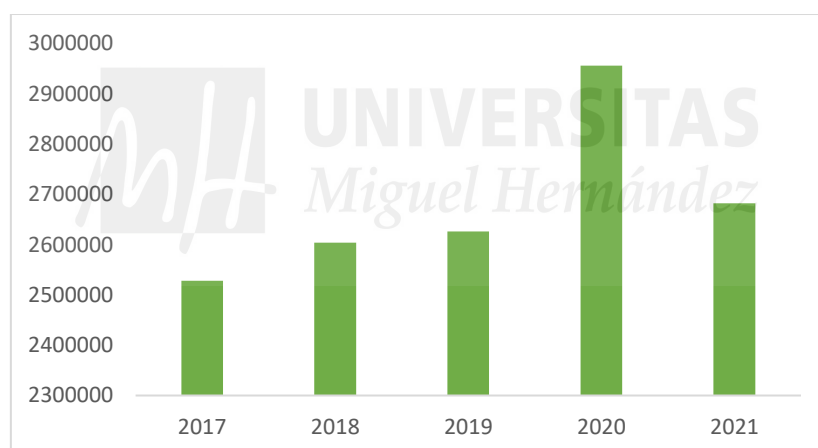


Figura 4. Evolución del consumo de hortalizas frescas en España 2017 - 2021 (millones de Kg). Fuente: MAPA (2021).

En lo que respecta a la evolución del consumo de frutas frescas (**Figura 3**), su consumo ha ido decreciendo desde 2008, aunque, dejando de lado el descenso ocurrido en el año 2021, se observó un incremento del 1,3 % con respecto al 2019. De igual forma ocurre en el caso de las hortalizas frescas, siendo en este caso el crecimiento con respecto al periodo previo a la pandemia del 2,1 % (**Figura 4**).

Esta es una tendencia que no se da únicamente en España, siendo observable a nivel global, exceptuando casos puntuales, en los que alimentos concretos han aumentado su consumo. Sin embargo, según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), la tendencia general a nivel mundial es la descrita anteriormente, una disminución generalizada del consumo de productos animales y un aumento del consumo de alimentos de origen vegetal (FAO, 2020).

Del mismo modo, se ha confirmado en diversos estudios la existencia de una tendencia en lo que respecta al incremento de la popularidad, por parte de la población general, de las dietas basadas en vegetales, incluyendo dietas: lacto-vegetarianas, pisco-vegetarianas y flexitarianas, entre otras (Fehér et al., 2020; Medawar et al., 2019; Shaw et al., 2022). Esto es fundamentalmente debido a los beneficios que estas dietas pueden ofrecer con respecto a una dieta omnívora tradicional o en la que el consumo de productos animales supera sobremanera al de productos vegetales. Sin embargo, son diversos los distintos tipos de dietas que engloban un mayor consumo de alimentos vegetales.

1.2 Tipos de dietas basadas en productos de origen vegetal

Un aumento del consumo de productos de origen vegetal puede tener una serie de beneficios sobre la salud, relacionados con la prevención y disminución del riesgo de aparición de enfermedades no transmisibles como la diabetes tipo 2, hipertensión, enfermedades cardiovasculares, obesidad o distintos tipos de cáncer, las cuales representan un 45,9 % de todas las enfermedades a nivel mundial, debido al estilo de vida moderno, caracterizado por un mayor sedentarismo y consumo de alimentos ultraprocesados (Fehér et al., 2020).

Dentro de las dietas basadas en un mayor consumo de productos de origen vegetal, se encuentran todas las recogidas en la Tabla 1, clasificadas según el grado de restricción del consumo de productos de origen animal:

Tabla 1. Tipos de dietas basadas en productos de origen vegetal. Fuente: Tran et al. (2020).

Dieta	Definición
Vegana	Excluye todo tipo de productos de origen animal
Lacto-ovo-vegetariana	Excluye principalmente productos cárnicos, pero permite el consumo de productos lácteos, huevos, miel, etc.
Lacto-vegetariana	Excluye tanto productos cárnicos como huevos, pero permite el consumo de lácteos, miel, etc.
Ovo-vegetariana	Excluye tanto productos cárnicos como lácteos, pero permite el consumo de huevos, miel, etc.
Pescetariana	Excluye los productos cárnicos, pero permite el consumo de pescado, lácteos, huevos, miel, etc.
Flexitariana	Dieta vegetariana, en la cual se permite un mínimo consumo de carne. Está basada principalmente en productos vegetales.

Además de estos tipos de dietas, podemos encontrar otros tipos, en los que se da preferencia al consumo de los alimentos en su forma más natural posible, como la paleolítica (granos enteros, evitando comidas procesadas, etc) o la dieta omnívora tradicional, siendo esta la más tradicional y extendida (Tran et al., 2020).

En este contexto, existen diversos factores que pueden promover el comenzar a seguir una de estas dietas, entre los cuales encontramos: beneficios para la salud, bienestar animal, factores sociales o culturales, factores económicos, concienciación medioambiental. Además de los factores mencionados, pueden darse otras motivaciones,

desde el efecto sobre el peso corporal de este tipo de dietas, hasta preferencias sensoriales en lo que respecta al sabor o incluso motivos políticos (Rosenfeld & Burrow, 2017; Tran et al., 2020). No obstante, una de las mayores tendencias actuales, se basa en los beneficios que este cambio de patrón alimentario puede aportar a la salud del consumidor.

1.3 Beneficios del incremento del consumo de productos de origen vegetal

El traspaso de una dieta rica en productos de origen animal a una dieta que incluya una mayor cantidad de productos de origen vegetal puede suponer una reducción del riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, cáncer e hipertensión u otras enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes tipo 2, la obesidad o el síndrome metabólico (Shaw et al., 2022), disminuyendo los niveles de hemoglobina glicosilada y de colesterol tanto LDL como HDL y colesterol total; así como promoviendo la pérdida de peso y un mejor funcionamiento metabólico con respecto a individuos que siguen una dieta omnívora.

A pesar de que algunos factores pueden deberse a que una dieta con una mayor presencia de alimentos vegetales lleva, por norma general, a un menor consumo de calorías, existen evidencias que determinan que estos efectos beneficiosos se observan incluso cuando las calorías ingeridas son similares a las de dietas convencionales con restricción de calorías, teniendo efectos de mejora en enfermedades como la diabetes tipo 2, lo cual supone incluso una reducción de la medicación necesaria, mejorando el peso corporal de los pacientes y aumentando la sensibilidad a la glucosa e insulina. Por tanto, la información disponible en torno a los beneficios aportados por este tipo de dietas deja claro su carácter preventivo en lo que respecta a enfermedades no transmisibles (Medawar et al., 2019). Del mismo modo, se observó una disminución de los marcadores de inflamación en individuos que padecen obesidad cuando siguieron las dietas vegana y pescetariana.

Además de una mejora de la salud física de la población, este tipo de dietas pueden contribuir también a una mejora de la salud mental. Según se ha demostrado en algunos estudios, una dieta basada en vegetales puede suponer una mejora entre leve y moderada en enfermedades que afectan al sistema nervioso como las migrañas, esclerosis múltiple, fibromialgia y artritis reumatoide. No obstante, se requiere un mayor número de estudios, ya que se requiere una población mayor a la estudiada, una mayor aleatoriedad y la consideración de factores como que las dietas empleadas en algunos de los estudios fueron dietas libres de gluten. Por otra parte, se han encontrado evidencias en estudios transversales de una mayor incidencia de síntomas depresivos en mujeres que seguían una dieta vegetariana frente a una no vegetariana, a la par que otros estudios evidencian una disminución en los trastornos del estado de ánimo en mujeres que adoptaron una dieta vegetariana. Del mismo modo, el paso a una dieta con un menor consumo de productos de origen animal podría tener como resultado una mejora en enfermedades como la ansiedad, depresión y el estrés (Medawar et al., 2019).

Por otra parte, diversos estudios han reportado la mayor sostenibilidad de las dietas basadas en productos vegetales con respecto a las que incluyen un gran consumo de carnes, siendo este un factor de vital importancia en el siglo XXI (FAO/WHO, 2019; Lynch et al., 2018; Machado et al., 2023). La producción de los alimentos que componen este tipo de dietas, por lo general, suponen un menor impacto medioambiental, el cual se relaciona estrechamente con la emisión de gases de efecto invernadero, además, la producción de proteínas vegetales requiere, por lo general, menos espacio de explotación,

agua y energía que la producción de animales (Lynch et al., 2018).

Uno de los grupos de alimentos que ha aumentado su popularidad en los últimos años ha sido el de los pseudocereales, entre los que se incluye la quinoa, que constituye uno de los alimentos más prometedores gracias a su capacidad de adaptación a diversos climas y a ser una fuente sostenible de proteína de origen vegetal (García-Parra, 2022). Es gracias a esta capacidad de adaptación a diversos climas que tanto su cultivo como su uso se ha extendido a países lejanos a su lugar de origen (los Andes), entre los que se encuentran países europeos como España, Italia o Francia (Alonso-Miravalles et al., 2020). Otro de los motivos del aumento de la popularidad de este cultivo se relaciona con su bajo impacto medioambiental, lo cual lo convierte en una fuente de proteínas sostenible, las cuales, además, se relacionan con efectos beneficiosos sobre la salud (Alrosan et al., 2022; García-Parra, 2022).

1.4 Interés de la quinoa como ingrediente en alimentos funcionales

El aumento de la popularidad de la quinoa como alimento deriva principalmente de su composición, ya que se trata de un pseudocereal rico en compuestos bioactivos como proteínas, polisacáridos, flavonoides y saponinas. Estos compuestos juegan una serie de papeles como antioxidantes, hipolipidémicos, antidiabéticos, antiinflamatorios y anticancerígenos, los cuales han sido demostrados por diversos estudios (Ren et al., 2023). En cuanto a su fracción proteica, es destacable su elevado contenido en aminoácidos esenciales, siendo mayor al de otros cereales convencionales como el arroz, el maíz, el trigo o la cebada, además de contar con una mayor concentración de lisina, metionina y cisteína que algunas legumbres (Alrosan et al., 2022).

- **Proteínas**

El interés nutricional de la quinoa como cereal emana de su elevado contenido en proteína, el cual oscila entre un 15,6 % y un 18,7 %, dependiendo de la variedad, así como de una equilibrada proporción de aminoácidos. De este modo, al tratarse de proteínas de origen vegetal, los péptidos obtenidos a partir de estas proteínas cuentan con una serie de propiedades antioxidantes con respecto a las proteínas de origen animal (Usman et al., 2022). Las proteínas de la quinoa cuentan con un elevado contenido de cisteína, metionina y lisina, a diferencia de los cereales convencionales, los cuales son deficientes en lisina. Los aminoácidos que componen estas proteínas podrían ser los causantes de los efectos beneficiosos derivados del consumo de pseudocereales (Martínez-Villaluenga et al., 2020). Por otra parte, la disposición espacial de las proteínas es otro de los factores relacionados con las propiedades antioxidantes de la quinoa. Además, estos compuestos bioactivos tienen efectos hipoglucémicos, hipolipidémicos e hipotensores (Ren et al., 2023).

- **Polisacáridos**

En el caso de los polisacáridos, el efecto bioactivo se debe a la presencia de un polisacárido de bajo peso molecular, compuesto de ácido galacturónico y glucosa, el cual presenta actividad antioxidante, antiinflamatoria y anticancerígena. Además, cuenta con un porcentaje de fibra dietética comprendido entre un 7 % y un 26,5 %, del cual el 78 % se corresponde con la fracción insoluble (Martínez-Villaluenga et al., 2020), cuyos efectos beneficiosos se deben a la fermentación parcial de la misma en el intestino

delgado (Ren et al., 2023; Zhu, 2020).

- **Saponinas**

Estos compuestos son los responsables del sabor amargo de los productos derivados de la quinoa. A pesar de estar considerados compuestos antinutritivos, existen numerosos estudios que respaldan sus efectos bioactivos, tales como: antiinflamatorio, antibacteriano, antioxidante y anti-obesidad. La quinoa rica en saponinas, en comparación con la que no las contiene, cuenta con un mayor contenido de polifenoles, flavonoides, tocoferoles y actividad antioxidante en general (Ren et al., 2023).

- **Polifenoles y flavonoides**

La quinoa contiene un total de 23 tipos de polifenoles diferentes, entre los que destacan el ácido vanílico, ferúlico y sus derivados, la quercitina y el kaempferol. Estos compuestos le confieren a la quinoa una actividad antioxidante, con valores comprendidos entre 514,03 y 1409,54 mg ácido gálico / 100 g (Liu et al., 2020). Por otra parte, los flavonoides mayoritarios pertenecen al grupo de los flavonoles. Tanto polifenoles como flavonoides son ampliamente conocidos por su potente actividad antioxidante y antiinflamatoria (Ren et al., 2023).

Además de los beneficios mencionados anteriormente, existen estudios que respaldan que la quinoa, debido a su composición, posee propiedades de regulación de los niveles de colesterol en sangre, incrementando la concentración de colesterol HDL y disminuyendo el LDL, así como los triglicéridos libres, de mejora de la función hepática debido a sus efectos antioxidantes y antiinflamatorios, aunque este efecto solo ha sido observado en experimentos con animales y se requiere una mayor experimentación para poder determinar su veracidad en humanos, y de modulación del microbioma intestinal debido a que se han llevado a cabo estudios *in vitro* en ratones con una dieta rica en quinoa en los que se observó un aumento del crecimiento de microorganismos considerados beneficiosos para la salud humana (Chaudhary et al., 2023).

La composición nutricional de la quinoa (**Tablas 2 y 3**) hace de ella un alimento ideal para su consumo de forma similar a los cereales convencionales o para su inclusión en diversas formulaciones para crear otros alimentos, aun manteniendo las características funcionales de la quinoa, como pueden ser los derivados lácteos y postres lácteos, en los cuales es común la adición de cereales para obtener o mejorar alguna característica deseada.

Tabla 2. Composición nutricional (macronutrientes) del grano de quinoa. Fuente: Martínez-Villaluenga et al. (2020).

Composición nutricional del grano de quinoa	
Humedad (% base húmeda)	8,2 – 13,1
Hidratos de carbono (% peso seco)	48,5 – 77
Almidón (% peso seco)	58,1 – 64,2
Fibra dietética total (% peso seco)	7 – 26,5
Insoluble (% fibra total)	78

Soluble (% fibra total)	22
Proteína bruta (%)	9,1 – 16,7
Grasas (% peso seco)	4 – 7,6
Saturadas (% total grasas)	15,5 – 29
Insaturadas (% total grasas)	71 – 84,5

Tabla 3. Composición nutricional (micronutrientes) del grano de quinoa. Fuente: Martínez-Villaluenga et al. (2020).

Composición nutricional del grano de quinoa	
<i>Minerales (mg/100g peso seco)</i>	
Potasio	656 – 1475
Fósforo	140 – 530
Calcio	27,5 – 148,7
Magnesio	207 – 502
Sodio	11 – 31
Hierro	1,1 – 16,7
Zinc	0,8 – 4,8
Cobre	1 – 9,5
<i>Vitaminas (mg/100g peso seco)</i>	
Tiamina	0,3 – 0,4
Riboflavina	0,3 – 0,4
Niacina	1,1 – 1,5
Vitamina B6	0,5
Folato	0,18
Vitamina E (mg/Kg)	24,7
Carotenoides totales (mg/Kg)	4,6 – 4,8
Luteína	5,8 – 12
Zeaxantina	0,3 – 5,4
B-caroteno	Nd – 1,1

1.5 Oferta de productos lácteos híbridos en el mercado

Se conoce como productos híbridos a los alimentos que incluyen en su formulación ingredientes tanto de origen animal como vegetal. Este tipo de alimentos se presentan como una alternativa más saludable y sostenible a los productos de origen animal. Este mercado, en su mayoría, está compuesto de productos cárnicos híbridos y, en menor medida, por productos lácteos híbridos. En base a sus beneficios, representan una opción

más atractiva a ojos de los consumidores que los productos tradicionales de origen animal, lo cual se relaciona con la disminución del consumo en los últimos años, aumentando en España en un 4 % en el año 2022 (Alimarket, 2023).

A pesar de que en los últimos años se ha observado un aumento en la tendencia de consumo de productos lácteos híbridos, en los lineales de supermercados españoles no se encuentra gran variedad de estos productos, si bien es cierto que existe una elevada disponibilidad de derivados lácteos convencionales, tales como natillas, bebidas vegetales, flanes, etc. Por otra parte, las tendencias mayoritarias giran en torno a los productos ricos en proteína y a los productos plant-based, siendo estos últimos un sector más emergente, aunque también con cierta presencia, destacando marcas como Danone, la cual sigue actualmente el objetivo que su oferta en los lineales de los supermercados alcance el 50 % en alternativas vegetales de yogures y postres lácteos; Alpro o Provamel, todas ellas marcas con un gran impacto dentro de este sector (Alimarket, 2022).

Teniendo en cuenta que el presente estudio trata sobre la elaboración de natillas híbridas y/o plant-based, en la **Tabla 4** se expone la oferta disponible de este tipo de productos en el mercado español, incluyendo la información nutricional de los mismos.

Tabla 4. Oferta de natillas vegetales comerciales ofertadas en el mercado español. Fuente: Alpro (2022; Naturitas (2022). Elaboración propia.

	Postre de soja vainilla. Provamel	Postre de soja vainilla. Alpro	Postre de soja chocolate. Alpro	Postre de avena y vainilla. NaturGreen	Postre de arroz y vainilla. Vitariz
Energía (kJ/kcal)	382 / 91	369 / 87	401 / 95	418 / 100	567 / 134
Grasas (g)	1,8	1,8	2,3	3,1	3
De las cuales saturadas (g)	0,3	0,3	0,8	0,3	0,3
Hidratos de carbono (g)	15,15	14,2	14,7	16,5	26
De los cuales azúcares (g)	9,5	11	11,8	9,8	15
Fibra (g)	0,5	0,5	1,5	1,2	0,7
Proteínas (g)	3	3,2	3,1	0,9	0,5
Sal (g)	0,16	0,14	0,13	0,1	0,2

Como se aprecia en la **Tabla 4**, la cual muestra algunas de las natillas vegetales ofertadas actualmente, la oferta de estos postres vegetales plant-based no es muy amplia hoy en día, y específicamente no se ha encontrado ninguno híbrido, es decir, elaborado con mezcla de leche y bebida vegetal. Por otra parte, destaca el uso de la soja para su elaboración, además, no se encuentran productos que incorporen en sus formulaciones pseudocereales, ya sea en forma de harina o en forma de bebida vegetal, lo cual se relaciona con los objetivos de este estudio.

1.6 Justificación del trabajo

Teniendo en cuenta la actual tenencia de los consumidores de reducir la ingesta de productos de origen animal, y tras comprobar la gran aceptación de los productos cárnicos híbridos en el mercado español frente a la nula oferta de productos lácteos híbridos, se ha

considerado interesante poder desarrollar un producto lácteo híbrido, tipo natillas. El gran valor nutritivo de la quinoa, su versatilidad y la buena aceptación en el mercado español junto a la sostenibilidad de su producción, han determinado su elección como ingrediente principal para el desarrollo de este producto lácteo híbrido.



2. OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un producto lácteo híbrido “tipo natilla” integrando la quinoa como ingrediente principal.

Objetivos específicos

- Estimar el valor nutritivo de las diferentes formulaciones de natillas a partir de la información nutricional de los ingredientes usados.
- Estudiar las propiedades fisicoquímicas de las natillas elaboradas con harina y bebida de quinoa en su formulación, para comprobar la utilidad de este ingrediente en la elaboración de postres lácteos.
- Estudiar la aceptación, mediante un estudio de consumidores, de los postres lácteos elaborados para determinar así su viabilidad en el mercado.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Elaboración de las natillas

Las natillas se prepararon utilizando los siguientes ingredientes: leche entera de vaca UHT (Hacendado, España) (**Figura 5**), sacarosa, harina de quinoa (Naturquinoa, España) (**Figura 6**), esencia de vainilla y bebida de quinoa y avena (NaturGreen, España) (**Figura 7**) para obtener 5 formulaciones de natillas con distintas proporciones de leche:bebida de quinoa (100:0; 75:25; 50:50; 25:75; 0:100). En la **Tabla 5** se muestran las formulaciones desarrolladas en el presente trabajo. En la elaboración tradicional de natillas se suele usar como espesante la harina de maíz, pero en este caso se utilizó también la harina de quinoa para no incorporar nuevos ingredientes y darle más relevancia a la quinoa.



Figura 5. Leche de vaca marca Hacendado.



Figura 6. Harina de quinoa marca Naturquinoa.



Figura 7. Bebida de quinoa y avena marca NaturGreen.

Tabla 5. Porcentajes de utilización de leche entera y bebida de quinoa y avena en las distintas formulaciones.

	NATILLAS CON LECHE	NATILLAS HÍBRIDAS			NATILLAS VEGANAS
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Leche entera (%)	100	75	50	25	0
Bebida de quinoa y avena (%)	0	25	50	75	100
Harina de quinoa (%)	10	10	10	10	10
Sacarosa (%)	6	6	6	6	6
Esencia vainilla (%)	3	3	3	3	3

Una vez mezclados todos los ingredientes de cada una de las formulaciones, la mezcla se calentó hasta ebullición y, a continuación, las natillas se almacenaron a 4°C durante 48 h hasta su posterior análisis.



Figura 8. Distintas formulaciones de natillas elaboradas, de izquierda a derecha: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100.

3.2 Valor nutricional

El valor nutricional de las formulaciones elaboradas se calculó en función del valor nutricional de sus ingredientes, considerando las concentraciones de estos en la formulación final. En esta determinación, se utilizó tanto la información nutricional obligatoria en el etiquetado marcada por la legislación vigente, como el contenido de algunas vitaminas y minerales especificados en el etiquetado de los ingredientes utilizados.

3.3 Análisis físico-químicos

pH y aw

El pH se determinó por triplicado para cada formulación empleando un pH-metro Crison PLG 21 (Crison, Barcelona, España). El valor de la actividad de agua, de igual forma, se determinó por triplicado mediante un higrómetro electrolítico Novasina TH-500 (Novasina, Axair Ltd., Pfaffikon, Suiza).

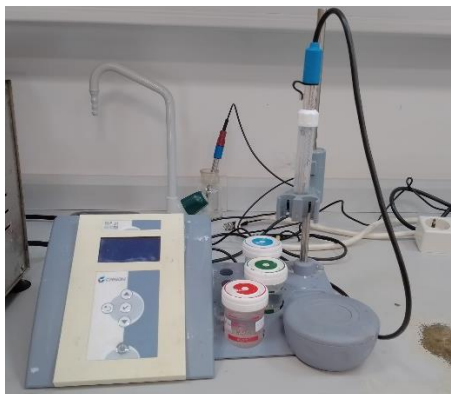


Figura 9. pH-metro Crison PLG 21.



Figura 10. Higrómetro Novasina TH-500

Color

El color de las distintas formulaciones de natilla se determinó por triplicado mediante un colorímetro Minolta CM-700d (Konica Minolta, Osaka, Japón) (Figura 11). Se obtuvieron los parámetros correspondientes al espacio de color CIELab (L^* , a^* y b^*) (Figura 12), a partir de los cuales se calcularon el croma (C^*) y el tono (h^*) empleando las siguientes ecuaciones:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h^{\circ} = \arctg (b^*/a^*)$$

Por otra parte, se determinó también el espectro de reflectancia de las muestras entre 400 y 700 nm.



Figura 11. Colorímetro Minolta CM-700d.

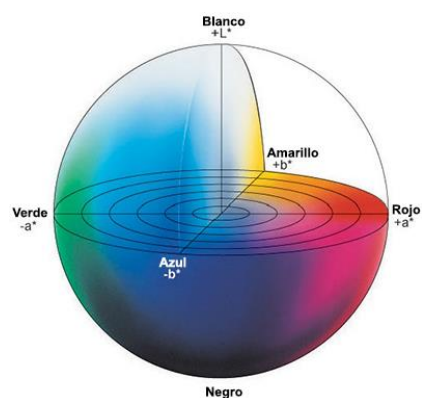


Figura 12. Espacio de color CIELab.

Sinéresis

La sinéresis de las muestras de natillas se calculó por triplicado siguiendo el procedimiento descrito por Shaikh et al. (2017). Para ello, se colocaron 25 g de natillas en tubos falcon, se taparon y se dejaron en refrigeración durante 7 días (**Figura 13**). Tras este periodo, se centrifugaron a 6300 g durante 30 minutos en una centrífuga Eppendorf 5804R (Eppendorf, Madrid, España) (**Figura 14**). Posteriormente, se eliminó el sobrenadante y se pesó el tubo con la muestra. El porcentaje de sinéresis se determinó con la siguiente ecuación:

$$\text{Sinéresis (\%)} = \frac{\text{peso líquido decantado}}{\text{peso natilla inicial}} \times 100 = \frac{PT - PR}{PT} \times 100$$

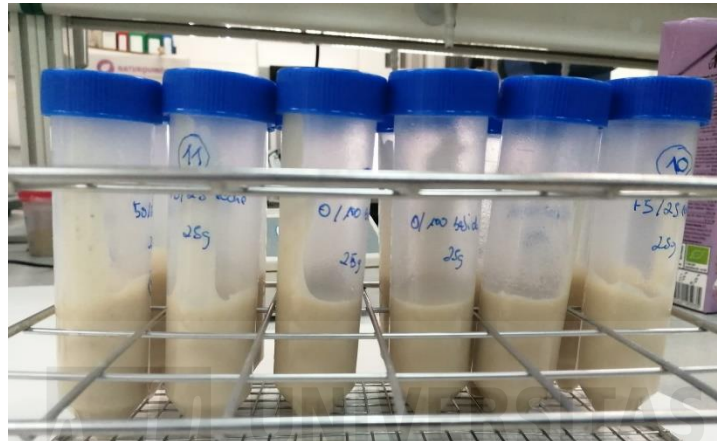


Figura 13. Muestras de natillas en tubos falcon para determinación de la sinéresis.



Figura 14. Centrífuga Eppendorf 5804R.

Textura

La textura de las muestras se determinó por triplicado mediante un análisis de Perfil de Textura (TPA) usando un texturómetro TA-XTplus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, Reino Unido) (**Figura 15**) provisto de una sonda cilíndrica de 10 mm de diámetro. Las muestras se mantuvieron en refrigeración hasta su análisis y se llevó a

cabo un test de 2 ciclos de penetración empleando una velocidad de penetración de 10 mm/min y 70 % de penetración. Los resultados se expresaron como dureza (N), cohesividad, compresibilidad/extensibilidad (N/mm) y adhesividad (N/mm).



Figura 15. Texturómetro TA-XTplus.

3.4 Análisis sensorial

La aceptación por parte de los consumidores se determinó mediante una prueba afectiva de escala hedónica con una escala entre 1 (disgusta extremadamente) y 9 (gusta extremadamente), con la que el catador evaluó atributos como aroma, color, sabor y textura de la muestra, ofreciendo finalmente una puntuación global de la muestra correspondiente. Al finalizar la cata de todas las muestras, se preguntó al catador por la muestra que más le había gustado y la que menos. Además, se incluyeron preguntas de carácter demográfico, género, edad y frecuencia de consumo de natillas.

En dicha prueba, participaron 25 catadores, sin experiencia previa, compuestos por profesorado/alumnado de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO).

3.5 Análisis estadístico

Se determinó para cada variable la media y la desviación estándar de las muestras, así como un análisis de la varianza (ANOVA) de un factor (formulación) y un test de comparación de medias (test de Tukey) para determinar entre que formulaciones existían diferencias significativas, con un nivel de significancia del 95 %. Para ello, los datos se analizaron utilizando el software estadístico SPSS v.26 (SPSS Inc., Chicago, USA).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Valor nutricional

La estimación de los valores nutricionales de cada una de las formulaciones se presenta en las **Tablas 6-10**.

Tabla 6. Valor nutricional para la formulación 100:0.

100:0 (por cada 100 g)			
Macronutrientes		Micronutrientes	
<i>Energía (kJ / kcal)</i>	381,16 / 91,02	<i>Calcio</i>	106,1
<i>Grasas</i>	3,45	<i>Tiamina</i>	0,1
<i>De las cuales saturadas</i>	2,07	<i>B6</i>	0,03
<i>Hidratos de carbono</i>	16,90	<i>Hierro</i>	1,19
<i>De los cuales azúcares</i>	9,90	<i>Fósforo</i>	43,6
<i>Fibra</i>	0,9	<i>Zinc</i>	0,24
<i>Proteínas</i>	4,10	<i>Potasio</i>	87,1
<i>Sal</i>	0,12	<i>Magnesio</i>	20,4
		<i>Cobre</i>	0,08

Tabla 7. Valor nutricional para la formulación 75:25.

75:25 (por cada 100 g)			
Macronutrientes		Micronutrientes	
<i>Energía (kJ / kcal)</i>	365 / 87,24	<i>Calcio</i>	83
<i>Grasas</i>	2,97	<i>Tiamina</i>	0,1
<i>De las cuales saturadas</i>	1,60	<i>B6</i>	0,03
<i>Hidratos de carbono</i>	17,45	<i>Hierro</i>	1,19
<i>De los cuales azúcares</i>	10,09	<i>Fósforo</i>	43,6
<i>Fibra</i>	0,9	<i>Zinc</i>	0,24
<i>Proteínas</i>	3,66	<i>Potasio</i>	87,1
<i>Sal</i>	0,12	<i>Magnesio</i>	20,4
		<i>Cobre</i>	0,08

Tabla 8. Valor nutricional para la formulación 50:50.

50:50 (por cada 100 g)			
Macronutrientes		Micronutrientes	
<i>Energía (kJ / kcal)</i>	348,82 / 83,46	<i>Calcio</i>	59,9

<i>Grasas</i>	2,49	<i>Tiamina</i>	0,1
<i>De las cuales saturadas</i>	1,14	<i>B6</i>	0,03
<i>Hidratos de carbono</i>	18	<i>Hierro</i>	1,19
<i>De los cuales azúcares</i>	10,28	<i>Fósforo</i>	43,6
<i>Fibra</i>	0,9	<i>Zinc</i>	0,24
<i>Proteínas</i>	3,22	<i>Potasio</i>	87,1
<i>Sal</i>	0,11	<i>Magnesio</i>	20,4
		<i>Cobre</i>	0,08

Tabla 9. Valor nutricional para la formulación 25:75.

25:75 (por cada 100 g)			
Macronutrientes		Micronutrientes	
<i>Energía (kJ / kcal)</i>	332,65 / 79,68	<i>Calcio</i>	36,8
<i>Grasas</i>	2	<i>Tiamina</i>	0,1
<i>De las cuales saturadas</i>	0,68	<i>B6</i>	0,03
<i>Hidratos de carbono</i>	18,54	<i>Hierro</i>	1,19
<i>De los cuales azúcares</i>	10,47	<i>Fósforo</i>	43,6
<i>Fibra</i>	0,9	<i>Zinc</i>	0,24
<i>Proteínas</i>	2,78	<i>Potasio</i>	87,1
<i>Sal</i>	0,10	<i>Magnesio</i>	20,4
		<i>Cobre</i>	0,08

Tabla 10. Valor nutricional para la formulación 0:100.

0:100 (por cada 100 g)			
Macronutrientes		Micronutrientes	
<i>Energía (kJ / kcal)</i>	316,48 / 75,9	<i>Calcio</i>	13,7
<i>Grasas</i>	1,52	<i>Tiamina</i>	0,1
<i>De las cuales saturadas</i>	0,22	<i>B6</i>	0,03
<i>Hidratos de carbono</i>	19,09	<i>Hierro</i>	1,19
<i>De los cuales azúcares</i>	10,66	<i>Fósforo</i>	43,6
<i>Fibra</i>	0,9	<i>Zinc</i>	0,24
<i>Proteínas</i>	2,34	<i>Potasio</i>	87,1
<i>Sal</i>	0,10	<i>Magnesio</i>	20,4
		<i>Cobre</i>	0,08

La variación más notable se corresponde con la disminución del contenido de calcio conforme se sustituye parte de la leche por bebida vegetal, encontrándose el valor más

bajo en la formulación preparada completamente con bebida vegetal (**Tabla 10**). Sin embargo, debido a que no se dispone de la concentración de calcio en la bebida vegetal empleada, el valor presentado en las **Tablas 7-10** podría diferir ligeramente del valor real. Se debe considerar que la cantidad de calcio presente en la quinoa puede ser variable, tal y como se ha indicado anteriormente en la **Tabla 3**. Es por este hecho que, en las bebidas vegetales sustitutivas de la leche, normalmente se ajustan las concentraciones de micronutrientes para obtener un perfil nutricional lo más parecido posible a la leche (Ramsing et al., 2023).

Por otra parte, se observó también una disminución progresiva de la grasa, tanto en su contenido total como el contenido de grasas saturadas, y de la cantidad total de proteínas. Esto, se debe principalmente a la sustitución de la leche entera por bebida vegetal en la formulación, ya que esta última cuenta con una menor concentración de estos nutrientes. Por otra parte, a medida que se sustituía la leche por bebida vegetal se observó un aumento de la cantidad de azúcares en la formulación, aunque fue menos notable en comparación con la variación del resto de nutrientes. Así mismo, se observó un aumento del contenido de hidratos de carbono complejos, debiéndose al mayor contenido de los mismos en la bebida de quinoa con respecto a la leche de vaca. En el caso de la grasa, en las muestras en las que la leche fue completamente sustituida, el perfil lipídico de la misma se caracterizaba por una mayor concentración de grasas insaturadas en comparación con la formulación que no contenía bebida vegetal, ya que en la formulación 100:0, las grasas saturadas representan un 84,5 % del total de las grasas mientras que en la formulación 0:100 representan únicamente un 14,5 %, con lo cual, se podría decir que el empleo de bebida vegetal en la elaboración de natillas mejorará su perfil lipídico.

Las concentraciones de micronutrientes se mantuvieron estables en todas las formulaciones, ya que la información de la que se disponía con respecto a los mismos es la expresada en el etiquetado de la harina de quinoa utilizada.

Aunque cabría esperar que el contenido de proteínas de las formulaciones elaboradas con bebida vegetal fuera mayor debido al contenido de proteínas de la quinoa o la avena, en este caso, este hecho no fue observado debido a que las bebidas vegetales están formadas mayoritariamente por agua (Giugliano et al., 2023). También se observó un descenso del valor energético conforme disminuía la proporción de leche en la formulación. Comparando la información nutricional de la formulación 0:100, con la oferta de natillas vegetales disponibles actualmente en el mercado (**Tabla 4**), las natillas elaboradas en este trabajo únicamente con bebida vegetal cuentan con un menor aporte calórico y un menor contenido de grasa. Por otra parte, cuenta con un contenido de azúcares y proteínas intermedio, por ejemplo, en el caso de los azúcares, el contenido de las natillas de quinoa es menor que en los postres de la marca Alpro y mayor que el resto de las marcas recopiladas en la **Tabla 4**, mientras que el contenido de proteínas, en el caso de las natillas de quinoa es mayor que las ofrecidas por NaturGreen y Vitariz, siendo menor si las comparamos con el resto de los casos. Esto puede deberse a que han sido elaboradas con distintos tipos de bebidas vegetales, ya que las que tienen un mayor contenido de proteínas han sido elaboradas con bebida de soja, teniendo esta un mayor contenido proteico que la quinoa (BEDCA, 2023). El contenido de fibra se comporta de forma similar, ya que en algunos casos supera a la de los productos ofertados en el mercado y en otros casos se encuentra por debajo. La cantidad de 0,9 g / 100 g equivale a un 3,6 % de la cantidad diaria recomendada por la EFSA para adultos (EFSA, 2019).

En base a las disposiciones del Reglamento 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, las natillas desarrolladas en el presente trabajo se podrían clasificar como bajas en sal y fuente de proteínas y, a partir de la formulación 75:25, como bajas en grasa. En este aspecto, las natillas elaboradas pueden suponer una oferta más atractiva a ojos de los consumidores, teniendo en cuenta los beneficios que supone la quinoa, la cual es responsable del aporte extra de proteína en los postres elaborados.

4.2 Propiedades fisicoquímicas

pH, actividad de agua y sinéresis

Los resultados de pH, actividad de agua (a_w) y sinéresis obtenidos en las distintas formulaciones de natillas se presentan en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Valores de pH, a_w y porcentaje de sinéresis obtenidos para las distintas muestras.

Leche:bebida vegetal	pH	a_w	Sinéresis (%)
100:0	6,21 ± 0,19	0,89 ± 0,03 ^a	0,3 ± 0,51
75:25	6,3 ± 0,12	0,98 ± 0,00 ^b	0,0 ± 0,0
50:50	6,27 ± 0,14	0,98 ± 0,00 ^b	0,42 ± 0,37
25:75	6,29 ± 0,01	0,98 ± 0,00 ^b	0,52 ± 0,89
0:100	6,23 ± 0,15	0,86 ± 0,03 ^a	3,89 ± 3,21
ANOVA	NS	**	NS

NS: sin diferencias significativas ($p > 0,05$); **: $p < 0,01$; ^{a-b}Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre las muestras.

Para los valores obtenidos de pH, se observó que este fue ligeramente inferior en las formulaciones 100:0 y 0:100 con respecto a las natillas híbridas. Sin embargo, según el análisis estadístico de las muestras, esta diferencia no resultó ser significativa. En general, el pH de las natillas comerciales oscilaba entre 6,6 y 6,8 (Aguilar-Raymundo & Vélez-Ruiz, 2018), siendo los valores obtenidos inferiores a estos y similares a los de natillas y otros postres lácteos “plant-based” elaborados en estudios previos con valores en torno a 6,44 (Ng et al., 2023). Esto puede deberse a la incorporación de harina de quinoa en lugar del almidón tradicional empleado para las natillas comerciales, lo cual tiene un efecto de disminución en el pH (Aguilar-Raymundo & Vélez-Ruiz, 2018). En lo que respecta a la estabilidad de las natillas elaboradas, el valor de pH de las natillas elaboradas es menor que el de las natillas convencionales ofertadas en el mercado, lo cual podría sugerir que la incorporación de quinoa podría tener un efecto positivo en la conservación y vida útil de las natillas. Además, tal y como se ha observado en estudios anteriores, la adición de una mayor cantidad de almidón se relaciona con un menor valor de pH (Sekhavatizadeh et al., 2023). Sin embargo, para poder confirmar este hecho sería necesario realizar más estudios de vida útil en natillas elaboradas con quinoa. Por otra parte, se observó un aumento del pH en las muestras que contenían leche y bebida vegetal, pudiendo estar relacionado con interacciones entre proteínas de origen animal y vegetal, así como a las diferencias de pH entre los ingredientes iniciales.

En el caso de la a_w ocurrió un comportamiento similar, con diferencias significativas entre

las muestras elaboradas enteramente con leche o bebida vegetal y el resto de las formulaciones (75:25, 50:50 y 25:75), observándose valores de a_w cercanos a 1. Era de esperar que la actividad de agua de los productos aumentase conforme se incrementaba la proporción de bebida vegetal en la formulación, ya que estas contienen en su composición una mayor cantidad de agua que la leche. Por otra parte, en las formulaciones en las que se mezcló bebida vegetal con leche, el mayor valor de a_w podría deberse a la mayor disolución de los componentes de la leche en la bebida vegetal. No obstante, en la formulación 0:100 este valor fue menor que en todas las formulaciones anteriores. Esto podría estar relacionado con una mayor concentración de sólidos totales (Kusio et al., 2022), debido a la disolución de la harina de quinoa en la bebida vegetal, ya que, en las muestras anteriores, un cierto porcentaje de leche podría influir en el valor final de la a_w .

En lo que respecta a la sinéresis, se observó un incremento conforme se iba sustituyendo la leche por bebida vegetal, a diferencia de la muestra 75:25, para la cual no se observó sinéresis. Este efecto podría deberse a la menor cantidad de grasas saturadas que junto con las proteínas son las encargadas de retener el suero, provocando así una mayor expulsión del mismo. La variación del perfil lipídico a favor de las grasas insaturadas puede tener como efecto un aumento de la sinéresis. Por otra parte, el aumento del contenido de agua total del alimento es un factor determinante en el grado de sinéresis, ya que la sustitución de leche por bebida vegetal, con mayor contenido de agua, provoca una disminución de la materia seca total, lo cual tiene como consecuencia un aumento de la sinéresis (Nanakali, 2023).

Color

El efecto de la sustitución de la leche de vaca por bebida vegetal en los parámetros de color se muestra en la **Tabla 12** y los diferentes espectros de emisión de cada formulación están representados en la **Figura 5**.

Tabla 12. Valores de los parámetros de color (L^* , a^* , b^* , C^* y h^*) obtenidos para las distintas muestras.

Leche:bebida vegetal	L^*	a^*	b^*	C^*	h
100:0	66,61 ± 0,12 ^d	1,24 ± 0,02 ^c	13,73 ± 0,06	13,79 ± 0,06	84,82 ± 0,06 ^b
75:25	65,03 ± 0,11 ^c	1,3 ± 0,05 ^c	13,38 ± 0,14	13,45 ± 0,14	84,44 ± 0,21 ^b
50:50	62,05 ± 0,48 ^b	1,59 ± 0,07 ^d	13,44 ± 0,43	13,53 ± 0,44	83,26 ± 0,13 ^a
25:75	61,94 ± 0,29 ^b	0,86 ± 0,05 ^b	13,32 ± 0,12	13,35 ± 0,12	86,3 ± 0,17 ^c
0:100	57,27 ± 0,37 ^a	0,62 ± 0,08 ^a	13,14 ± 0,23	13,15 ± 0,23	87,28 ± 0,36 ^d
ANOVA	***	***	NS	NS	***

NS: sin diferencias significativas ($p > 0,05$); ***: $p < 0,001$; ^{a-d}Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre las muestras.

Tal y como se observa en la **Tabla 12**, la luminosidad de las muestras va disminuyendo conforme se sustituye la leche por bebida vegetal, lo cual se podría relacionar con la disminución del contenido de grasa de las formulaciones, ya que un aumento del contenido de grasa se ha relacionado en estudios anteriores con el incremento de la luminosidad, lo que podría sugerir que a menor cantidad de grasa, menor luminosidad (Muñoz-Tébar et al., 2019). Las diferencias obtenidas para las distintas elaboraciones no

fueron significativas en el caso de las formulaciones 50:50 y 25:75. Por otra parte, se observó un incremento del valor de a^* , con tendencia a un color más rojizo hasta la formulación 50:50, en la que se alcanzó el valor más alto. En 25:75, el valor de a^* disminuyó, siendo menor que en 100:0, y en 0:100 fue ligeramente inferior que en 25:75. En este caso, las diferencias entre 100:0 y 75:25 no resultaron ser significativas. Estos valores pueden deberse a las proporciones empleadas para la elaboración de las formulaciones, teniendo un valor de a^* mayor las formulaciones con una mayor concentración de leche y la 50:50, y disminuyendo en las natillas con mayor porcentaje de bebida vegetal. En lo que respecta a los valores de b^* , el valor fue disminuyendo a medida que se iba sustituyendo la leche, al igual que en el caso de la luminosidad, sin tener en cuenta la formulación 50:50 en la cual aumentó ligeramente. Sin embargo, en este caso las diferencias obtenidas para las distintas formulaciones no fueron significativas. Estas variaciones de color entre las distintas formulaciones se relacionan con el % de leche sustituida, ya que la diferencia de color entre esta y la leche de vaca provoca una variación en el color al mezclar ambas, fenómeno que se ha observado en estudios anteriores (Guler-Akin et al., 2021). De este modo, se observó una disminución la luminosidad de las natillas y aumentando la rojez, en el caso de las tres primeras formulaciones, y colores con valores más cercanos al verde en las formulaciones 25:75 y 0:100.

De acuerdo con los parámetros de color del espacio CIELab, el color de las natillas es un amarillo claro, el cual tendía a oscurecerse conforme aumentaba la concentración de bebida vegetal, en el caso de las formulaciones 100:0, 75:25 y 50:50, evolucionando hacia una tonalidad naranja y, en las formulaciones 75:25 y 0:100 hacia una tonalidad más verdosa. Para todas las elaboraciones desarrolladas, los valores de L, a^* y b^* resultaron ser menores que los correspondientes a natillas comerciales (Vasile et al., 2023).

En lo que respecta al croma, no se han observado diferencias significativas entre las distintas formulaciones mientras que el valor más bajo del tono se obtuvo en el caso de la formulación 50:50, lo cual puede verse favorecido por la mezcla equivalente de leche y bebida vegetal. Por otra parte, en las formulaciones 100:0 y 75:25, con mayor porcentaje de leche, el tono disminuyó de forma proporcional a la concentración de leche, aunque en este caso no existían diferencias significativas, lo cual es indicativo de una relación entre los parámetros a^* y b^* similar, ya que a^* aumenta y b^* disminuye en ambos casos. En el caso de las elaboraciones 25:75 y 0:100, este valor fue aumentando conforme aumentaba la concentración de bebida vegetal. Esto es debido a que la relación entre los valores de a^* y b^* es mayor en el caso de las formulaciones 100:0, 75:25 y 50:50, siendo menor en las elaboraciones 25:75 y 0:100.

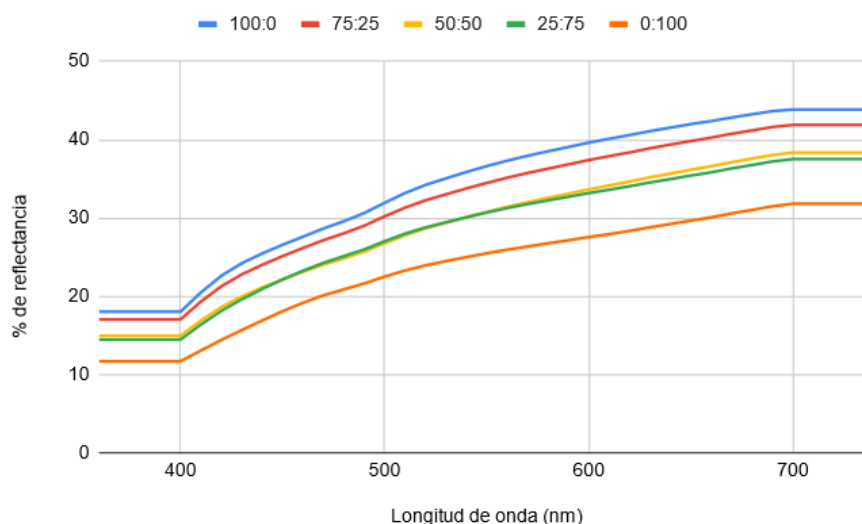


Figura 16. Espectro de reflectancia de las distintas muestras entre 360 y 740 nm.

En la **Figura 16** se observa que la reflectancia se mantuvo estable desde los 360 hasta los 400 nm, aumentando posteriormente hasta alcanzar su valor máximo entre los 700 – 740 nm aproximadamente. Entre las longitudes de onda mencionadas, se comprenden los colores entre el azul y el rojo. De acuerdo con los resultados comentados anteriormente para los parámetros L^* , a^* y b^* , el color de las natillas tendía al rojo, aunque disminuyendo en las elaboraciones 25:75 y 0:100, para las cuales el espectro de reflectancia también fue menor que para el resto de las formulaciones entre las longitudes de onda correspondientes al color rojo. El espectro también aumentaba en el rango de longitudes de onda del azul, encontrándose los valores intermedios dentro del rango del amarillo. Estos resultados sugieren que la mezcla de compuestos tiene como resultado una mezcla de colores que resulta en un color general amarillo, con mayor tendencia hacia el verde en el caso de las formulaciones 25:75 y 0:100 y con viraje hacia el rojo en las formulaciones 100:0, 75:25 y 50:50. La intensidad de la reflectancia se corresponde con la concentración de leche de cada formulación, disminuyendo conforme se sustituía por bebida vegetal. Por otra parte, la reflectancia fue similar para las formulaciones 100:0 y 75:25, así como en el caso de las 50:50 y 25:75, y, por último, la menor se obtuvo para la formulación 0:100. Esto sugiere que las distintas proporciones de leche vaca:bebida vegetal empleadas en la formulación dio lugar a natillas de una coloración similar.

Textura

Los resultados obtenidos en el análisis de la textura de las natillas desarrolladas con bebida vegetal de quinoa y avena se muestran en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Valores de los distintos parámetros de textura obtenidos para las distintas muestras.

Leche:bebida vegetal	Dureza	Compresibilidad /extensibilidad	Adhesividad	Cohesividad
100:0	17,26 ± 2,95 ^c	111,1 ± 37,82 ^b	-41,44 ± 31,82 ^b	-2,32 ± 1,49
75:25	2,66 ± 0,16 ^a	15,68 ± 2,23 ^a	-9,37 ± 6,42 ^{ab}	-3,43 ± 2,12
50:50	6,19 ± 0,27 ^b	32,96 ± 5,24 ^a	-8,20 ± 2,86 ^{ab}	-1,32 ± 0,44
25:75	2,27 ± 0,53 ^a	5,71 ± 3,07 ^a	-1,05 ± 0,41 ^a	-0,45 ± 0,08

0:100	5,27 ± 0,3 ^{ab}	24 ± 3,98 ^a	-4,2 ± 1,84 ^{ab}	-0,79 ± 0,33
ANOVA	***	***	*	NS

NS: sin diferencias significativas ($p > 0,05$); *: $p < 0,05$; ***: $p < 0,001$; ^{a-c}Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre las muestras.

En el caso de la textura de las natillas elaboradas, tal y como se observa en la **Tabla 13**, la dureza disminuyó con la sustitución de leche por bebida vegetal. Sin embargo, no sigue un patrón concreto, ya que encontramos el mayor valor en el caso de la formulación 100:0, siendo el siguiente valor más pequeño el de la formulación 50:50, seguido de la 0:100, para acabar con la 75:25 y 25:75. En lo que respecta a la compresibilidad/extensibilidad, esta también fue disminuyendo, siguiendo la misma tendencia que la dureza. Aunque, cabe destacar la ausencia de diferencias significativas en las formulaciones que contienen bebida vegetal, en comparación con las que llevan leche.

En este aspecto, la utilización de bebida vegetal tiene un efecto de disminución de estos dos parámetros en la elaboración de las natillas, ya que la utilización de una mayor cantidad de harina de quinoa en la elaboración podría suponer un aumento de estos parámetros, según se ha determinado anteriormente en estudios en los que se han incluido diversos ingredientes en la elaboración de postres (Aguilar-Raymundo & Vélez-Ruiz, 2018; Zarzycki et al., 2019). De nuevo, este fenómeno podría estar relacionado con la presencia en el alimento de sólidos solubles y el contenido de agua. Al aumentar dicho contenido de agua añadiendo bebidas vegetales, disminuyen los valores de dureza y compresibilidad/extensibilidad. Además, en otros estudios se ha relacionado una disminución de la dureza y compresibilidad/extensibilidad con las proteínas añadidas de la harina de quinoa (Ng et al., 2023).

Por otra parte, la adhesividad tiene un comportamiento inverso, aumentando a medida que se sustituía la leche por bebida vegetal. En este caso, para la formulación 100:0 se observó el valor más bajo, seguido de las formulaciones 75:25, 50:50, 0:100 y 25:75. No obstante, se debe considerar que las diferencias entre 75:25, 50:50 y 25:75 no fueron significativas, sin embargo si lo fueron entre las formulaciones 25:75 y 100:0. Se ha observado cierta relación entre la dureza y la viscosidad, la cual afecta también la adhesividad (Ng et al., 2023). De este modo, era de esperar que la formulación con la dureza más baja y una adhesividad relativamente alta sufriría rechazo por parte de los consumidores, ya que se trata de un alimento que no cumple con el criterio de calidad esperado en las natillas, teniendo como resultado una menor aceptación (**Figura 17**). En lo referente a la cohesividad, no se observaron diferencias significativas entre las formulaciones independientemente de la proporción de bebida vegetal incorporada.

4.3 Análisis sensorial

Los resultados obtenidos del análisis sensorial de las natillas se representan en la **Figura 17**.

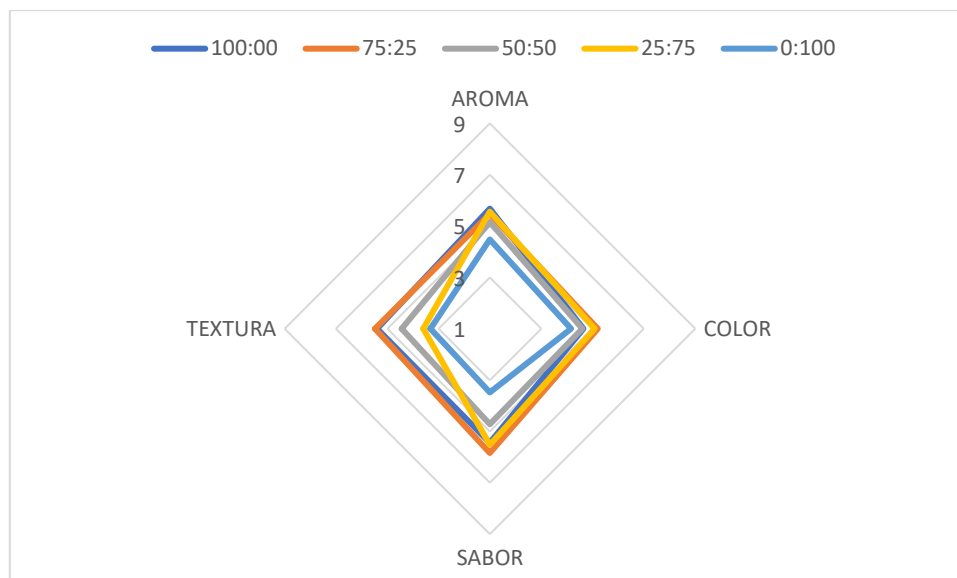


Figura 17. Resultados del análisis sensorial de las natillas.

En lo que respecta a los parámetros estudiados durante el análisis sensorial, las muestras 100:0 y 75:25 fueron las mejor valoradas, obteniendo una puntuación de 5 sobre 9 en los 4 apartados estudiados: aroma, color, sabor y textura. La formulación 25:75 presentaba valores muy similares a las comentadas anteriormente, aunque con una puntuación menor en el apartado de textura, lo cual afectó a su aceptación general. La formulación 50:50 también obtuvo una puntuación baja en textura junto con las formulaciones 100:0 y 75:25 y un valor en el apartado de sabor menor que 25:75. En lo que respecta a 0:100, todos los parámetros fueron valorados con puntuaciones menores que el resto de las formulaciones, siendo destacables las diferencias en la textura y sabor especialmente. Por tanto, el orden de mayor a menor aceptación de las formulaciones elaboradas sería el siguiente: 75:25; 100:0; 25:75; 50:50; 0:100 (**Tabla 14**).

Tabla 14. Aceptación general para las distintas formulaciones.

Leche:bebida vegetal	Aceptación general
100:0	5,48 ± 1,66 ^{ab}
75:25	5,56 ± 2,18 ^b
50:50	4,64 ± 1,80 ^{ab}
25:75	4,68 ± 2,21 ^{ab}
0:100	3,92 ± 2,20 ^a
ANOVA	*

*: $p < 0,05$; ^{a-b}Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre las muestras.

En base a los resultados obtenidos, podemos determinar que el factor con mayor variación en la aceptación por parte de los consumidores es la textura, siendo el factor que más varió en las distintas formulaciones, seguido del sabor. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, si se mejoran las propiedades texturales de la formulación 25:75 (por ejemplo, variando el porcentaje de harina de quinoa empleado), esta supondría un producto de origen casi enteramente vegetal, con una aceptación similar a la de una natilla convencional elaborada a base de leche. Como se ha comentado anteriormente, esta formulación es la que presentó valores más bajos en todos los parámetros determinados

en el análisis de textura. En el caso de las natillas 0:100, se deberían mejorar ligeramente aroma y color y en gran medida textura y sabor, lo cual supondría un mayor número de cambios para alcanzar el mismo nivel de aceptación por parte de los consumidores. En este caso, la baja aceptación podría deberse a la total sustitución de la leche por bebida vegetal, ya que este puede resultar un sabor extraño para el paladar de los consumidores que no están habituados a consumir este tipo de alimentos o a consumir productos que los contengan.

Otro aspecto que se debería tener en cuenta es el color de las formulaciones, siendo también un factor influyente, ya que en la formulación 25:75, la aceptación del color de las natillas fue similar que para las formulaciones 100:0 y 75:25. Esta aceptación puede deberse a que, a pesar de existir diferencias a nivel analítico, estas no fueron perceptibles a nivel sensorial. Se debe considerar también que para los parámetros a^* y b^* no se detectaron diferencias significativas para las muestras 100:0 y 75:25.

En base a los resultados del análisis textural, podemos deducir que para que un producto de este tipo sea aceptado por los consumidores, los parámetros de textura deben estar equilibrados. Los productos elaborados no deberían tener una combinación de dureza y extensibilidad elevadas junto con una baja adhesividad, ya que obtendríamos una aceptación similar a la de la formulación 100:0. Tampoco se debería obtener una baja dureza y extensibilidad junto con una elevada adhesividad, ya que obtendríamos los resultados correspondientes a la formulación 25:75, con una menor aceptación. Teniendo esto en cuenta, los parámetros de textura ideales se deberían encontrar entre los correspondientes a la formulación 75:25, ya que supone el límite máximo de la aceptación para los parámetros de dureza y compresibilidad y el límite mínimo para adhesividad.

En general, las formulaciones 100:0 y 75:25 obtuvieron una aceptación similar, de igual modo que en el caso de las formulaciones 50:50 y 25:75 entre las cuales la aceptación general también es similar, aunque menor a las dos formulaciones anteriores. Por otra parte, la formulación 0:100 fue la que menor aceptación obtuvo, siendo significativa la diferencia entre esta y la formulación 75:25, la cual fue la que mayor aceptación consiguió (**Tabla 14**). En este aspecto, la inclusión de un ligero porcentaje de bebida de quinoa y avena no supuso una diferencia lo suficientemente notable, en lo que respecta a sus propiedades organolépticas, como para provocar un rechazo por parte de los catadores. La formulación 75:25, tuvo una aceptación general ligeramente superior a la muestra control, a la vez que contaba con todos los beneficios de la incorporación de la quinoa como son la funcionalidad de las proteínas añadidas y el menor contenido de grasa. Por otra parte, la baja aceptación de la formulación 0:100 puede deberse a las cualidades sensoriales de la bebida de quinoa, ya que esta no es una de las bebidas vegetales más comunes a nivel comercial.

5. CONCLUSIONES

La adición de quinoa, tanto en forma de harina como en forma de bebida vegetal mejora el perfil nutricional de los postres lácteos, aumentando el aporte de proteínas y disminuyendo el de grasa, así como su valor energético, permitiendo etiquetar los productos elaborados como “fuente de proteínas”. Las natillas reformuladas presentan una menor intensidad de color que las natillas comerciales, lo cual se podría solventar incorporando colorantes naturales que mejorasen la aceptación general por parte de los consumidores. La utilización de la quinoa provoca modificaciones en la textura de las natillas que pueden llegar a afectar su aceptabilidad por parte del consumidor, sobre todo cuando se incorpora en altas concentraciones. Sin embargo, las natillas híbridas elaboradas en las que la sustitución de leche de vaca por bebida de quinoa se realizó a bajas concentraciones resultó bien aceptada por parte de los consumidores, incluso mayor que las natillas elaboradas solo con leche, lo cual pone de manifiesto su potencial como ingrediente en la elaboración de este tipo de postres lácteos. De este modo, se podrían llevar a cabo más estudios para mejorar las propiedades texturales y el color de las natillas reformuladas que permitiesen mayores porcentajes de sustitución de la leche por la bebida de quinoa, mejorando el valor nutricional de estos postres lácteos sin que su aceptación por parte del consumidor se viese afectada.



6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Raymundo, V. G., & Vélez-Ruiz, J. F. (2018). Physicochemical and Rheological Properties of a Dairy Dessert, Enriched with Chickpea Flour. *Foods*, 7(2), 25. <https://doi.org/10.3390/foods7020025>
- Alimarket. (2022). *Informe 2022 sobre el sector de yogures y postres lácteos*. <https://www.alimarket.es/alimentacion/informe/360938/informe-2022-sobre-el-sector-de-yogures-y-postres-lacteos/informe-completo>.
- Alimarket. (2023). *Informe 2023 sobre el sector Plant-Based*. <https://www.alimarket.es/alimentacion/informe/367992/informe-2023-sobre-el-sector-plant-based/informe-completo>.
- Alonso-Miravalles, L., Zannini, E., Bez, J., Arendt, E. K., & O'Mahony, J. A. (2020). Physical and flow properties of pseudocereal-based protein-rich ingredient powders. *Journal of Food Engineering*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109973>
- Alpro. (2022). *Postres lácteos*. <https://www.alpro.com/es/productos/postres/postres>.
- Alosan, M., Tan, T. C., Mat Easa, A., Gammoh, S., & Alu'datt, M. H. (2022). Recent updates on lentil and quinoa protein-based dairy protein alternatives: Nutrition, technologies, and challenges. In *Food Chemistry* (Vol. 383). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132386>
- BEDCA. (2023). <https://www.bedca.net/bdpub/index.php>.
- Chaudhary, N., Walia, S., & Kumar, R. (2023). Functional composition, physiological effect and agronomy of future food quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A review. In *Journal of Food Composition and Analysis* (Vol. 118). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105192>
- EFSA. (2019). *Ingestas dietéticas de referencia (IDR) para la UE*. <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm?lang=es>.
- FAO. (2020). *Balances de Alimentos (2010-)*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/FBS>.
- FAO/WHO. (2019). *Sustainable Healthy Diets—Guiding Principles*. World Health Organization and Food Agriculture Organization of the United Nations.
- Fehér, A., Gazdecki, M., Véha, M., Szakály, M., & Szakály, Z. (2020). A comprehensive review of the benefits of and the barriers to the switch to a plant-based diet. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su12104136>
- García-Parra, M., P.-M. M. P., N. C. J. E., A.-L. L. M., & R.-A. D. F. (2022). Physicochemical, rheological and structural properties of flours from six quinoa cultivars grown in colombia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6.
- Giugliano, R., Musolino, N., Ciccotelli, V., Ferraris, C., Savio, V., Vivaldi, B., Ercolini, C., Bianchi, D. M., & Decastelli, L. (2023). Soy, Rice and Oat Drinks: Investigating Chemical and Biological Safety in Plant-Based Milk Alternatives. *Nutrients*, 15(10), 2258. <https://doi.org/10.3390/nu15102258>
- Guler-Akin, M. B., Avkan, F., & Akin, M. S. (2021). A novel functional reduced fat ice cream produced with pea protein isolate instead of milk powder. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15901>
- Kusio, K., Szafrńska, J. O., Radzki, W., & Sołowiej, B. G. (2022). Effect of Different Dried Vegetable Powders on Physicochemical, Organoleptic, and Antioxidative Properties of Fat-Free Dairy Desserts. *Applied Sciences*, 12(22), 11503. <https://doi.org/10.3390/app122211503>
- Liu, M., Zhu, K., Yao, Y., Chen, Y., Guo, H., Ren, G., Yang, X., & Li, J. (2020).

- Antioxidant, anti-inflammatory, and antitumor activities of phenolic compounds from white, red, and black Chenopodium quinoa seed. *Cereal Chemistry*, 97(3), 703–713. <https://doi.org/10.1002/cche.10286>
- Lynch, H., Johnston, C., & Wharton, C. (2018). Plant-based diets: Considerations for environmental impact, protein quality, and exercise performance. In *Nutrients* (Vol. 10, Issue 12). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu10121841>
- Machado, P., McNaughton, S. A., Livingstone, K. M., Hadjikakou, M., Russell, C., Wingrove, K., Sievert, K., Dickie, S., Woods, J., Baker, P., & Lawrence, M. (2023). Measuring adherence to sustainable healthy diets: A Scoping Review of Dietary Metrics. In *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)* (Vol. 14, Issue 1, pp. 147–160). NLM (Medline). <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2022.11.006>
- MAPA. (2021). *Informe consumo alimentario*. https://www.mapa.gob.es/Es/Alimentacion/Temas/Consumo-Tendencias/Informe-Consumo-Alimentario-2021-Baja-Res_tcm30-624017.Pdf
- Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E., & Hernández-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. In *Food and Chemical Toxicology* (Vol. 137). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>
- Medawar, E., Huhn, S., Villringer, A., & Veronica Witte, A. (2019). The effects of plant-based diets on the body and the brain: a systematic review. In *Translational Psychiatry* (Vol. 9, Issue 1). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/s41398-019-0552-0>
- Muñoz-Tébar, N., De la Vara, J. A., Ortiz de Elguea-Culebras, G., Cano, E. L., Molina, A., Carmona, M., & Berruga, M. I. (2019). Enrichment of sheep cheese with chia (*Salvia hispanica* L.) oil as a source of omega-3. *LWT*, 108, 407–415. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.092>
- Nanakali, N. M. (2023). Fabrication of nano-encapsulated angelica (*persicum*) essential oil for enriching dairy dessert: Physicochemical, rheological and sensorial properties. *IET Nanobiotechnology*, 17(3), 171–181. <https://doi.org/10.1049/nbt2.12112>
- Naturitas. (2022). *Oferta postres lácteos*. <https://www.naturitas.es/c/Alimentacion/Dulces>
- Ng, F. S. K., Chiang, J. H., Ng, G. C. F., Lee, C. S. H., & Henry, C. J. (2023). Effects of proteins and fats on the physicochemical, nutritional and sensory properties of plant-based frozen desserts. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(7), 3912–3923. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16493>
- Ramsing, R., Santo, R., Kim, B. F., Altema-Johnson, D., Wooden, A., Chang, K. B., Semba, R. D., & Love, D. C. (2023). Dairy and Plant-Based Milks: Implications for Nutrition and Planetary Health. *Current Environmental Health Reports*.
- Reglamento 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.
- Ren, G., Teng, C., Fan, X., Guo, S., Zhao, G., Zhang, L., Liang, Z., & Qin, P. (2023). Nutrient composition, functional activity and industrial applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In *Food Chemistry* (Vol. 410). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135290>
- Rosenfeld, D. L., & Burrow, A. L. (2017). Vegetarian on purpose: Understanding the motivations of plant-based dieters. *Appetite*, 116, 456–463. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.05.039>
- Sekhvatizadeh, S. S., Karimi, A., Hosseinzadeh, S., Shaviklo, A. R., Abedi, M.,

- Mahmoodianfard, H., & Ghaedmohammadi, M. (2023). Nutritional and sensory properties of low-fat milk dessert enriched with quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Titicaca protein isolate. *Food Science & Nutrition*, *11*(1), 516–526. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3082>
- Shaikh, M., Ali, T. M., & Hasnain, A. (2017). Utilization of chemically modified pearl millet starches in preparation of custards with improved cold storage stability. *International Journal of Biological Macromolecules*, *104*, 360–366. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.05.183>
- Shaw, K. A., Zello, G. A., Rodgers, C. D., Warkentin, T. D., Baerwald, A. R., & Chilibeck, P. D. (2022). Benefits of a plant-based diet and considerations for the athlete. In *European Journal of Applied Physiology* (Vol. 122, Issue 5, pp. 1163–1178). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04902-w>
- Tran, E., Dale, H. F., Jensen, C., & Lied, G. A. (2020). Effects of plant-based diets on weight status: a systematic review. In *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity* (Vol. 13, pp. 3433–3448). Dove Medical Press Ltd. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S272802>
- Usman, M., Patil, P. J., Mehmood, A., Rehman, A., Shah, H., Haider, J., Xu, K., Zhang, C., & Li, X. (2022). Comparative evaluation of pseudocereal peptides: A review of their nutritional contribution. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 122, pp. 287–313). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.009>
- Vasile, F. E., Hryczyński, L. M., Fernandez, A. B., Bustos, L. F., Romero, A. M., & Mazzobre, M. F. (2023). Exploring the sensory properties of buffalo (*Bubalus bubalis*) milk custards through a consumer-based study performed with children. *International Journal of Dairy Technology*, *76*(1), 252–260. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12916>
- Zarzycki, P., Ciołkowska, A. E., Jabłońska-Ryś, E., & Gustaw, W. (2019). Rheological properties of milk-based desserts with the addition of oat gum and κ-carrageenan. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(11), 5107–5115. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03983-4>
- Zhu, F. (2020). Dietary fiber polysaccharides of amaranth, buckwheat and quinoa grains: A review of chemical structure, biological functions and food uses. In *Carbohydrate Polymers* (Vol. 248). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116819>