



Cómo citar este artículo

Curti, C.A., Lotufo-Haddad, A.M., Vinderola, G y Ramón, A.N. (2023). Sensory evaluation and physicochemical properties of set-type yoghurt fortified with andean lupin (*lupinus mutabilis*) proteins. *MLS Health & Nutrition Research*, 2(2),

Evaluación sensorial y propiedades fisicoquímicas de yogur firme fortificado con proteínas de lupino andino (*lupinus mutabilis*)

Carolina Antonela Curti

Universidad Nacional de Salta. Salta (Argentina)

carolinaacurti@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-2545-1428>

Agustina Marcela Lotufo-Haddad

Universidad Nacional de Salta. Salta (Argentina)

agustinalotufohaddad@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-9201-077x>

Gabriel Vinderola

Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe (Argentina)

gvinde@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6190-8528>

Adriana Noemí Ramón

Universidad Nacional de Salta. Salta (Argentina)

adrianayricardo@gmail.com : <https://orcid.org/0000-0003-3458-4959>

Resumen. El objetivo fue evaluar las características sensoriales y propiedades fisicoquímicas del yogur rico en proteínas fortificado con concentrado proteico de chocho andino (*Lupinus mutabilis*). Se obtuvieron formulaciones con 0,5; 1 y 1,5% de concentrado proteico (69% de proteínas, 4% de grasas y 21% de carbohidratos) utilizando un cultivo iniciador comercial y leche de vaca. Se evaluó aceptabilidad de color, aroma, textura y gusto con escala hedónica de 9 puntos y 100 adultos con edades entre 18-59 años. Los participantes seleccionaron los atributos más convenientes para describir los yogures utilizando la prueba CATA (Check-All-That-Apply). Se evaluó la composición química, el pH y la acidez, así como las propiedades texturales. El yogur con 0,5% de concentrado de proteína de lupino fue aceptable; al adicionarse al 1 y 1,5%, se incrementó el amargor, gusto residual y astringencia de las formulaciones. Los valores de pH y contenido de ácido láctico en los productos fortificados fueron similares a la muestra de control, sin embargo, la sinéresis fue menor. El yogur con 0,5% de concentrado de proteína de chocho mostró mayor firmeza y menor adhesividad. La adición de frutas, cereales o miel podría ser una estrategia para aumentar la aceptabilidad según la percepción de los participantes. El uso de yogur como aderezo en ensaladas también podría ser una forma novedosa de consumo. Los yogures tipo firme fortificados con proteínas de chocho andino podrían ser alternativas para aumentar la ingesta diaria de proteínas, sin embargo, se deben optimizar algunas propiedades sensoriales.

Palabras clave: yogur; legumbre; proteínas; características sensoriales

MLS Investigación sobre salud y nutrición

Sensory evaluation and physicochemical properties of set-type yoghurt fortified with andean lupin (*lupinus mutabilis*) proteins

Abstract. The aim of this study was to evaluate the sensory characteristics and the physicochemical properties of high-protein yoghurt fortified with Andean lupin (*Lupinus mutabilis*) protein concentrate. Formulations with 0.5, 1 and 1.5% of protein concentrate (containing 69% proteins, 4% fats and 21% carbohydrates) were obtained using a commercial starter culture and cow's milk. The acceptability for colour, flavour, texture and taste was evaluated with a hedonic 9-point scale and 100 adults aged between 18-59 years. Participants selected the attributes more convenient to describe the yoghurts using the CATA (Check-All-That-Apply) test. The chemical composition, pH and acidity as well as the textural properties were evaluated. The yoghurt with 0.5% lupin protein concentrate was acceptable according to the sensory attributes. The protein concentrate, when adding at 1 and 1.5%, increased the bitterness, the residual taste and astringency of formulations. The pH values and lactic acid content in fortified products were similar to the control sample, however the syneresis was lower. The yoghurt with 0.5%. The addition of fruits, cereals or honey could be a strategy to increase the acceptability according to participants' perceptions. The use of yoghurt as dressings in salads could also be a novel form of consumption. The set-type yoghurt fortified with Andean lupin proteins could be alternatives to increase the daily intake of proteins, however some sensory properties should be optimized.

Keywords: yoghurt; legume; proteins; sensory characteristics

Introducción

El yogur es el producto obtenido por coagulación y fermentación mediante la acción de microorganismos proto-simbióticos de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* con la adición o no de otras bacterias lácticas que contribuyen a determinar las características del producto acabado. (1). Los ingredientes obligatorios permitidos en la formulación son leche o leche reconstituida normalizada en su contenido de grasa y cultivos de bacterias lácticas. También pueden utilizarse ingredientes opcionales como leche concentrada, nata, mantequilla, leche en polvo, fruta, miel, coco, cereales, verduras. Los ingredientes no lácteos, solos o combinados, deben estar presentes en una proporción máxima del 30 % (m/m) del producto final (3). En los últimos años ha aumentado la demanda de yogures ricos en proteínas, es decir, con un mínimo del 5,6 % de proteínas y menos del 15% de grasas (3). El interés por el yogur rico en proteínas radica en el concepto de control de peso y mantenimiento de un estilo de vida saludable (3). El yogur rico en proteínas podría ser beneficioso en la nutrición infantil, de ancianos o deportiva debido a la capacidad de las proteínas para aumentar los aminoácidos plasmáticos y desencadenar la síntesis de proteínas (4). Además, los yogures ricos en proteínas podrían ser beneficiosos en dietas de restricción calórica, ya que la ingesta de energía procedente de las proteínas parece tener un mayor efecto sobre la saciedad que la ingesta de grasas o hidratos de carbono (5).

El contenido proteínico del yogur puede aumentarse antes de la fermentación mediante la adición de leche en polvo, suero en polvo y concentrados de caseína micelar, o conseguirse después de la fermentación mediante drenaje, evaporación o filtración por membrana (3). Un yogur natural con gran aceptación entre los consumidores debe tener, en general, una textura suave, uniforme y apta para cuchara. Debe estar libre de grumos, granulosidad y separación visual del suero, y tener un sabor limpio y típico a yogur (6,7). La composición de la base láctea y los parámetros y condiciones de elaboración influyen

en las propiedades sensoriales y físicas del yogur. El yogur rico en proteínas enriquecido con leche en polvo mostró una mayor aceptabilidad sensorial en comparación con los productos adicionados con suero en polvo y caseinatos. Sin embargo, la percepción del amargor era una limitación para consumir estos productos. También se percibieron otros defectos sensoriales como granulosidad, amargor, sabor demasiado ácido y separación del suero (6).

Una estrategia para obtener yogur rico en proteínas es el uso de proteínas de leguminosas. Los ingredientes a base de legumbres son tendencia debido a la creciente demanda de personas vegetarianas que giran en torno al cuidado del medio ambiente (8). El uso de proteínas de leguminosas en la formulación de diferentes alimentos fermentados podría aumentar la ingesta de proteínas a menor coste en los países de renta baja (9). Además, la investigación de innovaciones alimentarias que diversifiquen el uso de las legumbres puede promover su cultivo en sistemas de cultivo sostenibles, al tiempo que mejora la calidad nutricional de los productos (6).

La limitación para utilizar proteínas de leguminosas en la formulación de alimentos es su sabor desagradable, así como la presencia de factores antinutricionales (10). El mal sabor se produce debido a un almacenamiento inadecuado de las legumbres, al sobrecalentamiento de los extractos de proteínas, entre otros, y limita el uso de ingredientes de legumbres en el desarrollo de productos (10). Los principales factores antinutricionales de las legumbres son las saponinas, los taninos, el ácido fítico, el gopiol, las lectinas, los inhibidores de la proteasa, el inhibidor de la amilasa y los goitrógenos. Los factores antinutricionales se combinan con los nutrientes y reducen su biodisponibilidad. Estos compuestos pueden reducirse aplicando diferentes métodos y tecnologías, como la fermentación, la germinación, el autoclave, el remojo, etc. (11). Los ingredientes comestibles de las legumbres, como la harina y los concentrados de proteínas, se utilizan en la formulación de diversos alimentos para aumentar el valor nutricional, las propiedades saludables y las características funcionales de los productos (10). En el yogur, la adición de harina de leguminosas y concentrado proteico aumentó los contenidos de proteínas y fibra, la viscosidad de las formulaciones y las propiedades antioxidantes del producto (12,13, 14).

El altramuz andino (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa originaria de Sudamérica que se consume en la cocina tradicional de Perú, Bolivia y Ecuador (15).

El género *Lupinus* (familia Fabaceae) comprende unas 267 especies de altramuces que crecen en diversas regiones, desde el nivel del mar hasta los Andes (16). Se consumen cuatro especies: el altramuz blanco (*L. albus*), de amplia distribución mundial, el azul (*L. angustifolius*), el amarillo (*L. luteus*) y el andino (*L. mutabilis*). Esta última es originaria de la región que va desde Ecuador hasta el noroeste de Argentina (17, 18). En 2019 se produjeron 1.006.842 toneladas de altramuces en el mundo, siendo Australia y Nueva Zelanda los países donde se registró la mayor producción (19).

El altramuz andino tiene los mayores contenidos de proteínas y grasas (40-50 g/100g y 20-30 g/100g, respectivamente) en comparación con otras leguminosas como el guisante y el garbanzo (20). Las semillas son fuentes de compuestos bioactivos como polifenoles y carotenoides con propiedades antioxidantes y antihipertensivas (21). El altramuz andino contiene ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados que pueden favorecer la salud cardiovascular. Las proteínas están representadas por las globulinas (80 %) como en otras leguminosas y hay una pequeña proporción de albúminas y prolaminas (15). Los aminoácidos cisteína y metionina son limitantes, mientras que la lisina, leucina, isoleucina, tirosina y ácido glutámico son abundantes (15, 18).

Los cereales contienen una cantidad significativa de fibra dietética, pero no almidón. Las cáscaras están compuestas de celulosa, hemicelulosa y pectina, mientras que en los cotiledones hay polisacáridos compuestos de galactosa, arabinosa y ácido urónico (22). Los altramuces contienen alcaloides amargos de la familia de las quinolizidinas. Estos compuestos son tóxicos, por lo que deben eliminarse (23). La mayoría de los alcaloides son solubles en agua, el proceso tradicional de desamargado incluye el remojo de las semillas durante 18-20 h, seguido de una cocción de entre 0,5 y 6 h (24).

De las semillas de altramuz andino se obtienen varios ingredientes (concentrados y aislados de proteínas, aceite comestible y harina de altramuz) (20).

El concentrado de proteína de altramuz, que tiene ~60 % de proteínas de altramuz, se ha utilizado en la producción de pan y fideos mostrando buenas características sensoriales y una alta aceptabilidad por parte del consumidor. La incorporación de productos derivados del altramuz, como la harina, a los alimentos fermentados ha sido limitada debido al regusto persistente que se percibe en las formulaciones (23). El regusto podría atribuirse al remanente de alcaloides, compuestos tóxicos y amargos para humanos y animales (15). Su presencia en los alimentos representa una preocupación para su consumo seguro, ya que su ingestión puede causar intoxicación. Los alcaloides pueden eliminarse remojando, cocinando y lavando las semillas de altramuz, hasta un nivel de consumo seguro <0,02 g/100 g de semillas (15). También existen variedades mejoradas con menor contenido en alcaloides, pero no están disponibles en América Latina (25).

La demanda de productos saludables es cada vez mayor, sobre todo de aquellos con ingredientes nuevos, más sostenibles y de menor coste (26). Existe potencial para producir yogur rico en proteínas con concentrado proteico de altramuz andino para aumentar la oferta de productos saludables (24). El uso de ingredientes de altramuz más refinados, como el concentrado de proteínas, podría mejorar las propiedades sensoriales del producto final, ya que su contenido en alcaloides es menor (24). Así pues, el objetivo de este estudio era evaluar las características sensoriales y las propiedades fisicoquímicas de estos productos para futuras aplicaciones industriales

Métodos

Formulación de yogur tipo set

El procedimiento para obtener yogur tipo set fortificado con concentrado proteico de altramuz andino fue publicado previamente (27). Brevemente, las semillas de altramuz se desbacterizaron siguiendo el método acuoso tradicional. Las semillas se remojaron en agua a 25°C durante 18 h, después se cocieron durante 1h en agua de bolera y se lavaron durante 5 días a 25°C. Las semillas debilitadas se secaron en horno a 60°C, se molieron y se tamizaron para que pasaran por un tamiz de 250 µ. La harina desgrasada se desengrasó con una solución acuosa de etanol (70:30 p/v) durante 24 h por maceración, después se filtró, se recogió la harina y se secó en horno a 60°C. La harina de altramuz desgrasada se extrajo a pH 7 con solución 1M de NaOH durante 1h a 30°C, luego se centrifugó a 3300 xg para eliminar las fibras insolubles y la solución proteica se secó por atomización (28). La composición química del concentrado proteico de altramuz correspondía a 69,4 % de proteínas, 4 % de grasas, 5,7 % de cenizas, 21 % de hidratos de carbono (27).

Los ingredientes y el cultivo iniciador de ácido láctico utilizados en el presente estudio para obtener el yogur fueron diferentes de los comunicados anteriormente. Los yogures tipo set se formularon con leche desnatada en polvo Manfrey® al 13,5 %, esencia

de vainilla al 0,4%, gelatina Royal® al 0,5 % y cultivo termófilo liofilizado DVS compuesto por *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus* (CHR HANSEN® YF-L812 n° 3381849). El concentrado proteico de altramuz andino se utilizó al 0,5, 1 y 1,5 % en agua filtrada. Las soluciones proteínicas se agitaron a 600 xg durante 3 min y se calentaron a 90°C durante 10 min. A continuación, se añadieron leche desnatada en polvo y gelatina. La mezcla se homogeneizó y se calentó a 85°C durante 4s. A las muestras de yogur se les añadió esencia de vainilla y se enfriaron a 45°C para inocular el cultivo de bacterias lácticas. Las bacterias se inocularon al 0,04 % según las recomendaciones del fabricante. Cada yogur se colocó en recipientes de plástico individuales y se incubó a 43-45°C. También se obtuvo una muestra de control (sin la adición del concentrado proteico de altramuz andino) siguiendo el mismo procedimiento. Tras alcanzar un pH de 4,8, las muestras se enfriaron y se refrigeraron a 5 °C durante 24 h (27).

Evaluación sensorial

El protocolo para los análisis sensoriales fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Salta (DC 714/19). Los participantes (n= 100), con edades comprendidas entre los 18 y los 59 años, eran consumidores habituales de productos lácteos, sin alergias alimentarias ni intolerancia a la lactosa, y fueron reclutados en la Universidad. Los consumidores firmaron un acuerdo informado para participar en el estudio. Los yogures enriquecidos y la muestra de control en sus envases (40 g cada uno) se codificaron con números aleatorios de tres cifras. Las muestras se presentaron a los consumidores en un orden de rotación equilibrado (29). También se sirvió agua y galletas. Se indicó a los participantes que se enjuagaran el ratón entre cata y cata de las muestras.

Las muestras de yogur se evaluaron en función de su aceptabilidad por el color, el sabor, el gusto, la textura y la impresión general (aceptabilidad global) utilizando una escala categórica hedónica de nueve puntos valorada de 1 (me disgusta mucho) a 9 (me gusta mucho). Para evaluar las características sensoriales de las muestras de yogur se utilizó la prueba de "marque todo lo que corresponda" (30). Se indicó a los participantes que seleccionaran los atributos que consideraran convenientes para describir el producto que estaban degustando. El cuestionario CATA estaba compuesto por términos sensoriales y no sensoriales, presentados aleatoriamente dentro de los dos grupos de términos y entre productos: *amargo, astringente, sabor a leche, sabor a medicamento, salado, picante, regusto amargo, dulce, ácido, firme, espeso, sabor a vainilla, blanco, separación del suero, sano, nutritivo, lo comería todos los días, merienda/desayuno, alimento dietético, ligero, feo/desagradable; sabroso/agradable*. Los términos CATA se seleccionaron de acuerdo con estudios previos en los que los consumidores evaluaron el yogur enriquecido con proteínas lácteas (31). Al final del cuestionario, los consumidores tenían que expresar sus apreciaciones sobre cada producto en forma de frase.

Propiedades fisicoquímicas

Dado que los yogures se formularon con ingredientes diferentes, fue necesario controlar las propiedades fisicoquímicas. El valor del pH, el contenido de ácido láctico y el porcentaje de sinéresis se determinaron tras 24 h de almacenamiento refrigerado. Los valores de pH se evaluaron con un pHmetro digital HANNA® y el contenido de ácido láctico se evaluó utilizando el método de valoración ácido-base y fenoltaleína como indicador (32). La sinéresis se determinó como el porcentaje de expulsión del suero (33). Brevemente, los yogures en sus envases se escurrieron boca abajo durante 2h, el suero se recogió en un recipiente de vidrio tarado y los yogures se pesaron. El porcentaje de suero

expulsado se calculó como la diferencia entre el peso inicial del recipiente y el peso después de escurrir el suero del yogur.

La composición química del yogur enriquecido y de la muestra de control se determinó según los métodos de la AOAC: el contenido de humedad se evaluó por deshidratación de las muestras en estufa de vacío a 105°C, las cenizas por incineración en mufla de las muestras a 550°C, las proteínas se determinaron por el método de Kjeldhal y el factor utilizado para convertir el nitrógeno en proteínas fue de 6,25. El contenido de grasa se evaluó aplicando el método Gerber, en el que la grasa separada se midió directamente en un butirómetro calibrado (32). El contenido total de hidratos de carbono se calculó aplicando la ecuación= 100 - (humedad + proteínas + grasas + cenizas).

Las propiedades texturales se analizaron mediante penetración uniaxial de muestras de yogur utilizando un analizador de textura TA-XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido). Cada producto en el contenedor individual se acondicionó a 8°C. La penetración se realizó con una sonda cilíndrica plana de 25x35 mm a 45 mm de profundidad a una velocidad de 3 mm s⁻¹ y una fuerza de compresión de 15 g. La sonda se colocó a 20 mm de distancia inicial de cada muestra. Se evaluaron los siguientes parámetros: la firmeza (N) definida como la fuerza máxima para conseguir una deformación dada que se representó por la fuerza pico del ciclo de penetración; el trabajo de firmeza realizado (mJ) definido como la energía necesaria para impulsar la sonda durante el paso de penetración descendente que se representó por el área bajo el pico positivo. La fuerza adhesiva (N) definida como la fuerza máxima generada durante la carrera ascendente de la sonda, se representó por la fuerza pico negativa. Estos parámetros se calcularon con el programa informático Texture Expert Exceed® (34).

Análisis estadístico

Los resultados de la evaluación de la aceptabilidad y las propiedades fisicoquímicas se expresaron en medias \pm desviaciones estándar. Se aplicaron las pruebas ANOVA y Tukey para evaluar las diferencias entre las muestras de yogur, utilizando un nivel de significación $p < 0,05$. Se calcularon las frecuencias de mención de cada término CATA seleccionado por los consumidores para cada producto y se aplicó la prueba Q de Cochran para comprobar las diferencias entre las características sensoriales. Los análisis estadísticos se realizaron con la versión para estudiantes del programa Infostat® (35).

Resultados

Evaluación sensorial

Los consumidores que evaluaron las muestras de yogur correspondían en un 33 % a hombres y en un 67 % a mujeres de edades comprendidas entre 18-28 (12 %), 28-38 (20 %), 38-48 (25 %) y 48-58 años (43 %). El yogur con 0,5% de concentrado proteico de altramuz y la muestra de control resultaron aceptables para los consumidores según todos los atributos evaluados (Tabla 1). Los atributos de color, sabor y textura en yogures con 1 y 1,5 % del concentrado fueron considerados indiferentes por los consumidores. Las muestras de control obtuvieron las puntuaciones más altas en todos los atributos evaluados por los participantes.

Tabla 1.

Puntuaciones de la evaluación sensorial de yogures enriquecidos con 0,5, 1 y 1,5 % de concentrado proteico de altramuz andino y la muestra de control

Atributos	Y0.5	Y1	Y1.5	Controlar
Aceptabilidad general	6.8±0.7c	3.9±2.5a	4.7±2.6b	7.3 ± 1.7c
Color	6.9±0.9c	5.7±1.3b	5.1±2.3a	7.1 ± 1.6c
Sabor	6.9±0.9c	5.9±1.5b	4.9±2.6a	7.2 ± 1.6c
Textura	7.1±1.0c	5.9±1.4b	4.5±2.3a	7.4 ± 1.7c
Prueba	7.0±0.5c	3.3±1.4b	2.7±2.1a	7.5 ± 1.7d

Los valores seguidos de letras distintas entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La prueba CATA reveló que las muestras de yogur alcanzaron diferencias significativas en casi todos los atributos, excepto en el término *firmeza* (Tabla 2). Los participantes indicaron que los productos con mayor proporción de concentrado de altramuz (1 y 1,5 %) eran menos espesos y tenían menos suero/líquido superficial (Tabla 2). Los productos enriquecidos se describieron como astringentes, picantes, con sabor a medicamento y amargos (Tabla 2). El sabor residual también se percibía en esos productos. El yogur con un 1 % de concentrado de proteínas se percibió como salado. Los yogures enriquecidos también se percibieron como picantes y menos dulces que la muestra de control. Los yogures con 1 y 1,5 % de concentrado proteico fueron percibidos por los consumidores como productos con menos sabor lácteo y a vainilla (Tabla 2). Los yogures enriquecidos con concentrado proteico de altramuz andino se percibieron como más ácidos y con menos color blanco que la muestra de control (Tabla 2).

El producto con un 0,5 % de concentrado proteico y la muestra de control se consideraron agradables según los consumidores. Los yogures enriquecidos con 1 y 1,5 % se percibieron como menos nutritivos, saludables y ligeros que el resto de formulaciones evaluadas (Tabla 2). No se percibían como alimentos dietéticos, para consumo diario o como desayuno (Tabla 2). Algunas apreciaciones evocadas por los participantes sobre estos yogures fueron: "*Me gustó al principio, pero al final me quedó un sabor amargo y astringente*", "*Me dejó en la boca un sabor parecido al medicinal*". Las formas de consumo evocadas fueron: "*Si le pusiera fruta, cereales y miel me lo comería como desayuno*", "*Si fuera acompañado de algo de fruta, estaría mejor*". Las ocasiones de consumo de estos productos fueron en ensaladas o como aliño, según expresaron los participantes: "*en ensaladas sería una buena alternativa*" o "*como aliño de ensaladas*".

Tabla 2.

Frecuencia de mención de las características sensoriales evaluadas mediante la prueba CATA en yogures fortificados con 0,5, 1 y 1,5 % de concentrado proteico de altramuz andino y la muestra de control

Condiciones CATA	Y0.5	Y1	Y1.5	Controlar
Amargo	4a	74b	94b	0a
Astringente	15b	22b	18b	6a
Sabor a leche	29b	16b	0a	24b
Sabor a medicamento	21b	40b	51b	0a
Salado	0a	6b	0a	0a
Picante	10b	12b	8b	1a
Regusto amargo	38b	32b	61b	3a
Dulce	23b	9a	10a	55c
Firme	61a	64a	64a	53a
Ácido	12ab	22ab	37b	0a
Color blanco	45ab	30ab	23a	61b
Sabroso/agradable	13a	9a	2a	49b
Feo/desagradable	0a	26b	24b	0a
Sabor a vainilla	24a	33ab	20a	46b
Nutritivo	14b	4a	2a	16b
Cómalo todos los días	6a	4a	2a	22b
Merienda	2a	0a	8b	35c
Desayuno	6a	2a	0a	19b
Sabor residual	39b	32b	39b	10a
Saludable	14a	8a	6a	33b
Luz	8a	16a	6a	41b
Alimentación dietética	20b	28b	10a	31b
Grueso	26b	12a	15a	17a
Separación del suero	17a	8a	22ab	44b

Los valores seguidos de letras distintas entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Propiedades fisicoquímicas

Los valores de pH tras 24 h de almacenamiento refrigerado correspondieron a $4,8 \pm 0,0^a$ en Y0,5; Y1 e Y1,5, mientras que en la muestra de control fue de $4,7 \pm 0,0^b$. El pH era más elevado en los yogures enriquecidos, como se había observado anteriormente en los yogures enriquecidos con proteínas de leguminosas (25). En el día 1, el contenido de ácido láctico era de 1,2; 1,1 y 1,1 g/100 g en los yogures enriquecidos con 0,5, 1 y 1,5 % de concentrado de proteínas y de 1,1 g/100 g en la muestra de control. No se observaron diferencias significativas en el contenido de ácido láctico entre las muestras. Los valores de sinéresis correspondieron a $0,2 \pm 0,0^c$; $0,4 \pm 0,1^c$ y $0,5 \pm 0,2(b)$ en los yogures enriquecidos, mientras que en la muestra de control fue de $2,1 \pm 0,0^a$.

La tabla 3 muestra la composición química de los yogures. Los yogures enriquecidos mostraron un menor contenido de humedad que la muestra de control. Los yogures enriquecidos también mostraron un mayor contenido en proteínas y grasas, pero un menor contenido en hidratos de carbono en comparación con el control. El contenido de cenizas era similar entre los yogures enriquecidos y los no enriquecidos.

Tabla 3. Composición química (g/100g) de los yogures enriquecidos con 0,5, 1 y 1,5 % de concentrado proteico de altramuz andino y la muestra de control

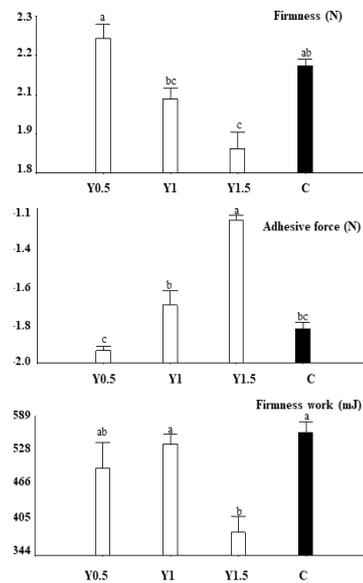
	Y0.5	Y1	Y1.5	Controlar
Humedad	80,8±0,3bc	80,4±0,2b	80,0±0,1c	82,6 ± 0,2a
Proteínas	6,9 ± 0,3b	6,8 ± 0,1b	7,9 ± 0,2a	5,8 ± 0,1c
Grasas	8,1 ± 0,2b	8,5 ± 0,1b	9,0 ± 0,2c	4,2 ± 0,2a
Cenizas	1,2 ± 0,1a	1,2 ± 0,2a	1,3 ± 0,2a	1,4 ± 0,2a
Carbohidratos	3,0 ± 0,2b	3,1 ± 0,2b	1,8 ± 0,2c	6,0 ± 0,0a

Los valores seguidos de letras distintas entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La Fig. 1 muestra las propiedades texturales de los yogures. El producto con 0,5 % de concentrado proteico de altramuz mostró mayor firmeza pero menor adhesividad en comparación con el resto de las formulaciones. El yogur con 1,5 % mostró el valor más alto de fuerza adhesiva. Los valores del trabajo de firmeza fueron similares en el yogur enriquecido con 0,5 % y 1 % de concentrado de proteínas y en la muestra de control.

Figura 1

Propiedades texturales (valor de firmeza, adhesividad y valor de fuerza adhesiva) evaluadas en yogures fortificados con 0,5, 1 y 1,5 % de concentrado proteico de altramuz andino y la muestra de control. Los valores seguidos de letras distintas entre barras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).



Debate y conclusiones

Los yogures tipo set enriquecidos con proteínas de altramuz andino podrían representar alternativas de consumo en la dieta diaria. La composición química de estos productos reveló un alto contenido en proteínas (>5,6%), por lo que podrían clasificarse como alimentos ricos en proteínas (3). El contenido de grasa era inferior al 15%, lo que supone una ventaja para la protección de la salud cardiovascular. Los alimentos con menor contenido en grasas pueden reducir la tensión arterial y los niveles de colesterol (9). Además, el yogur enriquecido con cultivos vivos puede aportar bacterias beneficiosas que, consumidas con regularidad, pueden favorecer la salud intestinal. Esto se debe a que la inclusión regular de alimentos fermentados en la dieta, incluido el yogur, aumenta la diversidad microbiana del intestino (9). La fermentación también tiene efectos beneficiosos en el ingrediente leguminoso añadido en la formulación. El proceso mejora el valor nutricional de las legumbres (10,36), como la digestibilidad de las proteínas y la disponibilidad de minerales. También redujo el contenido de factores antinutricionales, así como aumenta la disponibilidad biológica del remanente de fibra total y fenoles. La fermentación también mejora la viscosidad de los productos (36), como se observó en el yogur con un 0,5 % de concentrado de proteínas (Fig. 1).

Para promover el consumo de estos prometedores alimentos, deben optimizarse algunas características sensoriales. Los participantes percibieron los atributos de aroma, color y textura como indiferentes, mientras que el sabor y la aceptabilidad general fueron las propiedades que definieron como más destacadas y que podrían limitar el consumo (Tabla 1). Un estudio en el que los consumidores tenían que expresar sus opiniones y percepciones sobre los yogures enriquecidos con proteínas lácteas también descubrió que la adición de concentrado de proteína de suero y caseinatos disminuía la aceptabilidad y las puntuaciones de sabor en comparación con los productos complementados con leche en polvo (31). La disminución de la aceptabilidad del sabor se explicaba por la mayor percepción del sabor amargo y astringente en esos productos (31). Una impresión similar podría haber causado el yogur con proteínas de altramuz. Además, la percepción del sabor amargo también influyó en la aceptabilidad general del yogur (tablas 1 y 2).

La percepción del sabor residual y del sabor a medicamento en los yogures podría explicarse por la interacción entre el edulcorante y las proteínas de altramuz, así como por su unión con los receptores del sabor en la boca (37). Una estrategia planteada en un estudio anterior para aumentar la aceptabilidad sensorial fue la inclusión de un producto más refinado para reducir la percepción del amargor (37). Los resultados de este estudio mostraron que la utilización de extractos proteicos de altramuces secados por atomización, como producto refinado, no influyó positivamente en la percepción del sabor. El amargor de los yogures enriquecidos también podría explicarse por la presencia de plasmina. La plasmina puede provocar la hidrólisis de las caseínas del yogur, dando lugar a la formación de péptidos amargos. El sabor amargo del yogur se correlacionó positivamente con la sensación astringente en boca. La astringencia de los productos lácteos puede deberse a distintos compuestos, como la γ -caseína procedente de la degradación de β -CN inducida por plasmina (3). La combinación de proteínas de altramuz con proteínas lácteas en polvo de sabor suave, así como la concentración de leche previa a la fermentación, podrían proporcionar un yogur desnatado rico en proteínas con buenas propiedades sensoriales (3).

A pesar de que los yogures enriquecidos mostraban valores similares de pH y acidez medidos instrumentalmente, los consumidores los percibían como más ácidos, lo que podría explicarse por dos hechos. Una era que la percepción del amargor podría haber influido en la percepción de la acidez o dos, la reacción de Maillard que podría haberse producido durante el calentamiento en la producción del yogur podría haber vuelto las

proteínas de altramuz más ácidas al gusto (38). La reacción de Maillard es una reacción no enzimática que se produce cuando el grupo carbonilo de los azúcares reductores reacciona con el grupo amino de los aminoácidos, polipéptidos o proteínas, dando lugar a la producción natural de productos de la reacción de Maillard (PRM), una clase de compuestos con una amplia gama de propiedades sensoriales (38). Las reacciones exageradas suelen amargar los alimentos y acumular sabor a quemado. El control de la temperatura y el tiempo de calentamiento de las proteínas de altramuz podría ser una alternativa para reducir la reacción de Maillard y, por tanto, la percepción de la acidez en los yogures.

El rechazo del sabor amargo desempeñó un papel importante frente a la percepción de propiedades saludables. En un estudio anterior, los autores expresaron que algunos consumidores son más propensos a elegir un producto percibido como más sano, aunque presente algún defecto sensorial (39). Los resultados de la presente investigación mostraron que la percepción de los atributos saludables estaba influida por el sabor de los yogures. Según los participantes, los yogures enriquecidos eran menos dietéticos y ligeros que los de control (Tabla 2). Además, los yogures enriquecidos se percibieron como menos blancos que la muestra de control (Tabla 2), lo que podría atribuirse al color del concentrado de proteínas. El concentrado de altramuz andino mostró una tendencia al color amarillo, por lo que los parámetros de color de los yogures enriquecidos deberían medirse instrumentalmente para determinar las diferencias específicas entre productos.

La prueba CATA reveló que las muestras de yogur alcanzaron diferencias significativas en casi todos los atributos, excepto en el término *firmeza* (Tabla 2). Los yogures se percibían como similares según esta característica, sin embargo había diferencias en las propiedades texturales de los yogures (Fig. 1). Estudios anteriores informaron de un aumento de la viscosidad de los yogures debido a la adición de harinas de lentejas y garbanzos (14, 40) que se explicaba por el aumento de los sólidos totales, así como de los contenidos de proteína y fibra de estos ingredientes. La inclusión de harina de altramuz en la elaboración de yogures los hacía menos fluidos y más firmes (25). Los menores valores de firmeza y la mayor adhesividad mostrados en los yogures suplementados con un 1,5 % de concentrado proteico de altramuz andino podrían ser indicativos de una red de gel más débil, probablemente debido a una mala interacción entre las proteínas del altramuz y las de la leche de vaca (6). El gel más débil también podría atribuirse a los valores de pH más elevados al final del proceso de fermentación (4,8). Se ha observado que un pH final de fermentación más alto (~4,8) produce una viscosidad aparente más baja en los yogures (3). Por otra parte, la adición del concentrado de proteínas de altramuz resultó beneficiosa para reducir la sinéresis en los yogures, lo que podría atribuirse a la capacidad de las proteínas de leguminosas para absorber el suero expulsado por la red de caseína (6).

Los participantes evocaron nuevas formas de consumo de yogures enriquecidos. Aunque no consumirían estos productos en el desayuno (Tabla 2), la combinación con frutas, cereales o miel podría hacerlos más aceptables para el consumo. Las sugerencias deberían explorarse en futuros estudios, en términos de propiedades sensoriales y fisicoquímicas, ya que es necesario determinar la vida útil de los productos con más ingredientes. La adición de frutas, cereales o miel en el yogur puede modificar las características microbiológicas y fisicoquímicas (como el pH, la acidez y la sinéresis), que desempeñan un papel importante en la aceptabilidad por parte del consumidor (3). Otra herramienta para aumentar la aceptabilidad del consumidor podría ser el uso de otros aromatizantes, como fresa o melocotón, para enmascarar el sabor amargo, o la combinación de edulcorantes de distinta naturaleza. El amargor y el sabor medicamentoso de los productos (Tabla 2) también pueden percibirse debido a la interacción del

edulcorante con las proteínas del altramuz (37), por lo que el uso de edulcorantes diferentes podría reducir esta reacción. La utilización de yogures enriquecidos como aderezo en ensaladas también podría ser novedosa para la gastronomía, especialmente para la elaboración de recetas vegetarianas. Se trabajará en el desarrollo de otros productos más aceptables para la población y de consumo frecuente, como aperitivos o galletas a base de legumbres junto con otros cultivos de interés regional.

Se obtuvieron yogures ricos en proteínas enriquecidos con concentrado proteico de altramuz andino al 0,5, 1 y 1,5 %. La evaluación sensorial con 100 consumidores habituales de yogur reveló que sólo el producto con 0,5 % de concentrado proteico era aceptable según todos los atributos evaluados. Los yogures enriquecidos con proteínas de altramuz andino se percibieron como más ácidos, con sabor amargo y residual. A medida que aumentaba el porcentaje de concentrado proteico de altramuz andino en los productos, mayor era el amargor, el regusto y la astringencia. Además, la percepción de las propiedades saludables disminuyó debido a la percepción de esos defectos sensoriales. Los valores de pH y el contenido de ácido láctico fueron similares en los yogures enriquecidos en comparación con la muestra de control tras 1 día de almacenamiento. La sinéresis fue menor en los yogures enriquecidos que en la muestra de control. La adición de proteínas de altramuz andino al 0,5% aumenta la firmeza y disminuye la adhesividad del producto. La adición de frutas, cereales o miel podría aumentar la aceptabilidad de los productos, según evocaron los participantes. También debería explorarse el uso de yogur enriquecido como aderezo en ensaladas.

Referencias

- (1) Codex Alimentarius. Codex standard for fermented milks. CODEX STAN 243-2003. [en línea]. [Consultado el 8 de enero de 2023] https://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS_243s.pdf
- (2) ANMAT. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. Código Alimentario Argentino. 2023. [en línea]. [Consultado el 16 de febrero de 2023] <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
- (3) Jørgensen CE, Abrahamsen RK, Rukke EO, Hoffmann TK, Johansen AG & Skeie SB. Processing of high-protein yoghurt—A review. *International Dairy Journal*. 2019; 88:42-59. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.08.002>
- (4) Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson, MP, Maubois, JL & Beaufrère B. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1997; 94:14930-14935. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.26.14930>
- (5) Benelam B. Satiating, satiety and their effects on eating behaviour. *Nutrition Bulletin*. 2009; 24: 126. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2009.01753.x>
- (6) Lee WJ y Lucey JA. Formation and physical properties of yoghurt. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 2010; 23 (9): 1127-1136. <https://www.animbiosci.org/upload/pdf/23-149.pdf>
- (7) Lucey JA. Cultured dairy products: An overview of their gelation and texture properties *International Journal of Dairy Technology* 2004, 57: 77-84. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00142.x>
- (8) Goldstein N & Reifen R. The potential of legume-derived proteins in the food industry. *Grain & Oil Science and Technology*. 2022; 5 (4): 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.06.002>
- (9) Ahmad I, Hao M, Li Y, Jianyou Z, Yuting D & Lyu F. Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges-A review. *Trends in*

- Food Science & Technology. 2022; 129 :558-580. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.003>
- (10) Reddy NR, Pierson MD, Sathe SK, & Salunkhe DK. Legume-based fermented foods: their preparation and nutritional quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 1982; 17 (4) : 335-70. <https://doi.org/10.1080/10408398209527353>
- (11) Samtiya M, Aluko RE & Dhewa T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2020; 2 (6). <https://doi.org/10.1186/s43014-020-0020-5>
- (12) Agil R, Gaget A, Gliwa J, Avis TJ, Willmore WG y Hosseinian F. Lentils enhance probiotic growth in yogurt and provide added benefit of antioxidant protection. *LWT-Food Science and Technology*. 2013 50 (1): 45-49. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.032>.
- (13) Chen X, Singh M, Bhargava K y Ramanathan R. Yogurt fortification with chickpea (*Cicer arietinum*) flour: physicochemical and sensory effects. *JAOCs Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2018; 95 (8): 1041-1048. <https://doi.org/10.1002/aocs.12102>.
- (14) Zare F, Boye JI, Orsat V, Champagne C y Simpson BK. Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*. 2011;44(8): 2482-2488. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.002>.
- (15) Carvajal-Larenas FE, Linnemann AR, Nout MJR, Koziol M & Van Boekel MAJS. *Lupinus mutabilis*: composition, uses, toxicology, and debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016; 56 (9). 1454-1487.: <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>.
- (16) Wolko B, Clements JC, Naganowska B, Nelson MN y Yang H. *Lupinus*. En C. Kole (Ed.) *Wild crop relatives: genomic and breeding resources*. Legume crops and forages Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2011; 153-206.
- (17) Atchison GW, Nevado B, Eastwood RJ, Contreras-Ortiz N, Reynel C, Madriñán S y Filatov DA (). *Lost crops of the Incas: origins of domestication of the Andean pulse crop tarwi, Lupinus mutabilis*. *American Journal of Botany*, 2016; 103 (9) : 1-15.
- (18) Noort M Van De (). *Lupin: an important protein and nutrient source*. En L. Nadathur, L. Sudarshan, W. Janitha y L. Scanlin (Eds.) *Sustainable Protein Sources*. Academic Press. 2016; 165-184.
- (19) FAOSTAT. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/>
- (20) Gabur I, Simioniuc DP. Pearl lupin (*Lupinus mutabilis*): a neglected high protein and oil content crop. *Neglected and Underutilized Crops*. 2023: 413-436. Capítulo 6.: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90537-4.00015-6>.
- (21) Campos D, Chirinos R, Gálvez Ranilla L & Pedreschi R. Bioactive potential of Andean fruits, seeds, and tubers. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2018; 84 : 287-343 <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2017.12.005>.
- (22) Musco N, Cutrignelli MI, Calabro S, Tudisco R, Infascelli F, Grazioli R, Lo Presti V, Gresta F y Chiofalo B. Comparison of nutritional and antinutritional traits among different species (*Lupinus albus* L., *Lupinus luteus* L., *Lupinus angustifolius* L.) and varieties of lupin seeds. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2017; 101 (6) : 1227-1241
- (23) Carvajal-Larenas F. Nutritional, rheological and sensory evaluation of *Lupinus mutabilis* food products—a Review. *Czech Journal of Food Sciences*. 2019; 37 (5) : 301-311. https://cjfs.agriculturejournals.cz/artkey/cjf-201905-0001_nutritional-rheological-and-sensory-evaluation-of-lupinus-mutabilis-food-products-a-review.php.

- (24) Carvajal-Larenas FE, Nout MJR, Boekel MAJS, Koziol M y Linnemann AR. (). Modelling of the aqueous debittering process of *Lupinus mutabilis* Sweet. *LWT-Ciencia y Tecnología de la Alimentación*. 2013; 53 (2): 507-516
- (25) Vieira ED, Styles D, Sousa S, Santos C, Gil AM, Gomes AM & Vasconcelos MW. Nutritional, rheological, sensory characteristics and environmental impact of a yogurt-like dairy drink for children enriched with lupin flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2022; 30: 100617.: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100617>
- (26) Capozzi F, Magkos F, Fava F, Milani GP, Agostoni C, Astrup A & Saguy IS. A multidisciplinary perspective of ultra-Processed foods and associated food processing technologies: a view of the sustainable road ahead. *Nutrients*. 2021, 13: 3948. <https://doi.org/10.3390/nu13113948>
- (27) Curti CA, Carvalho Fino L, La Madrid Olivares AP, Ribeiro APB, da Cunha DT, Vinderola G, Costa Antunes AE & Ramón, AN. The addition of Andean lupin (*Lupinus mutabilis*) protein concentrate enhances the nutritive value and the antioxidant activity of yoghurt. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. 2022; 26 (1): e1406. <https://doaj.org/article/69d84c888c1b42dfa553d7b600f7cace>
- (28) Schindler S, Wittig M, Zelena K, Krings U, Bez J, Eisner P & Berger RG. Lactic fermentation to improve the aroma of protein extracts of sweet lupin (*Lupinus angustifolius*). *Food chemistry*. 2011; 128 (2): 330-337.: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.024>
- (29) MacFie HJH, Thomson DMH & Piggot JR. *Sensory analysis of foods*. 1988 (2^a ed) Londres. Elsevier
- (30) Ares G & Jaeger SR. Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: Experimental considerations and impact on outcome. In *Rapid sensory profiling techniques*. 2023: 257-280. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781782422587.2.227>.
- (31) Morell, P., Piqueras-fiszman, B., Hernando, I. y Fiszman, S. How is an ideal satiating yogurt described? A case study with added-protein yogurts. *Food Research International*. 2015;78: 141-147. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.10.024>
- (32) Association of Analytical Communities methodology. *Official methods of analysis of the AOAC International*. Arlington, VA, EE.UU. (decimosexta edición). 1995.
- (33) Antunes AE, Antunes AJ & Cardello HM. Chemical, physical, microstructural and sensory properties of set fat-free yogurts stabilized with whey protein concentrate. *Milchwissenschaft*. 2004; 59: 161-165. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1241714>
- (34) Fiszman SM, Lluch MA & Salvador A. Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *International Dairy Journal*. 1999; 9 (12): 895-901. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(00\)00013-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(00)00013-3)
- (35) Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M. y Robledo, YC. *InfoStat*. 2018. Grupo InfoStat.
- (36) Cichońska P, Ziarno M. Legumes and Legume-Based Beverages Fermented with Lactic Acid Bacteria as a Potential Carrier of Probiotics and Prebiotics. *Microorganismos*. 2021; 10 (1): 91. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10010091>
- (37) Temussi PA. Natural sweet macromolecules: how sweet proteins work. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2006; 63: 1876-1888. <https://doi.org/10.1007/s00018-006-6077-8>.
- (38) Shuyun L, Hanju S, Gang M, Tao Z, Lei W, Hui P, Xiao P, Lingyan G. Insights into flavor and key influencing factors of Maillard reaction products: A recent update.

Frontiers in Nutrition. 2022; 9: 1 -14
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2022.973677>

(39) Maruyama S, Lim J & Streletskaya NA. Clean Label Trade-Offs: Estudio de caso del yogur natural. Frontiers in Nutrition. 2021; 8: 704473.
<https://doi.org/10.3389/fnut.2021.704473>

(40) Pahariya P. Effects of yogurt fortification with different legumes protein on the physio-chemical , microbiological , and rheological properties. Electronic Theses and Dissertations. 2018.: <https://openprairie.sdstate.edu/etd/2686/>

Fecha de recepción: 04/05/2023

Fecha de revisión: 23/05/2023

Fecha de aceptación: 29/06/2023