



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

Desarrollo y caracterización de un batido de avena y
lúcuma

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

AUTOR/A: Jaén Moliner, Mateo

Tutor/a: García Segovia, Purificación

Cotutor/a: Martínez Monzó, Javier

Director/a Experimental: IGUAL RAMO, MARTA

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen

La lúcuma es una fruta andina que últimamente ha levantado el interés de los consumidores debido a sus compuestos bioactivos. En este trabajo se evaluó la adición de polvo de lúcuma en la creación de una bebida vegetal, se utilizaron tres formulaciones (bebida de avena, bebida de avena más 5% de lúcuma y bebida de avena más 10% de lúcuma), se caracterizaron varias características fisicoquímicas y se realizó un análisis sensorial. Se observa que la adición de lúcuma aumenta significativamente la cantidad de compuestos bioactivos modificando significativamente la densidad, color y tamaño de partícula sin afectar notablemente ni a la reología ni a la aceptación global del producto.

Palabras clave: Bebida vegetal; lúcuma; bioactivos; avena

Abstract

Lucuma, an Andean fruit, has recently captured the interest of consumers due to its bioactive compounds. This study evaluated the addition of lucuma powder in the creation of a plant-based beverage, using three formulations (oat drink, oat drink with 5% lucuma, and oat drink with 10% lucuma). Various physicochemical characteristics were characterized, and a sensory analysis was conducted. It is observed that the addition of lucuma significantly increases the quantity of bioactive compounds, notably modifying density, color, and particle size without significantly affecting either the rheology or the overall acceptance of the product.

Keywords: vegetable drink; lucuma; bioactive; oat

Agradecimientos

A mi familia por su apoyo constante, aunque no sean conscientes. A mis profesores por su paciencia y entusiasmo, especialmente a Puri, Javier y Marta. A mis amigos por ser indispensables. A todos los que habéis estado pendientes de mí en esta etapa. Gracias de corazón.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. COOPERACIÓN AL DESARROLLO.....	1
1.2. EMPRESA B CORP.....	2
1.3. LÚCUMA.....	2
2. OBJETIVOS.....	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1. MATERIA PRIMA.....	4
3.2. ELABORACIÓN DE LA BEBIDA.....	4
3.3. DETERMINACIONES ANALÍTICAS.....	4
3.3.1 Grados Brix.....	4
3.3.3 Reología.....	6
3.3.4 Densidad.....	6
3.3.5 Determinación de compuestos bioactivos.....	6
3.3.6 Tamaño de partícula.....	7
3.3.7 Análisis sensorial.....	8
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	8
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	8
4.1. GRADOS BRUX Y DENSIDAD.....	8
4.2. COLOR.....	9
4.3. REOLOGÍA.....	11
4.4. TAMAÑO DE PARTÍCULA.....	13
4.5. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS.....	14
4.5. ANÁLISIS SENSORIAL.....	15
5. CONCLUSIONES.....	16
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
7. ANEXOS.....	21

Índice de Tablas

Tabla 1. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis de la densidad (kg/m^3) y grados brix expresados como gramos de sólidos solubles por 100g de muestra.

Tabla 2. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis de las coordenadas CIEL*a*b* y los parámetros colorimétricos de las formulaciones: h (tono), C (croma) y ΔE (diferencia de color con respecto a la formulación de avena).

Tabla 3. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis de los parámetros ajustados del modelo de Ostwald: n (índice de comportamiento de flujo), K (índice de consistencia de flujo) y R (ajuste del modelo).

Tabla 4. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis de diámetro medio volumétrico (μm) D(4,3), percentiles estándares (μm) d(0.1), d(0.5), and d(0.9) de las muestras estudiadas.

Tabla 5. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis de carotenoides totales (CT, $\text{mg}_{\beta\text{-caroteno}}/\text{100g}$), licopeno (LP, $\text{mg}/\text{100g}$), fenoles totales (FT, $\text{mg}_{\text{GA}}/\text{100g}$) y actividad antioxidante (AA, $\text{mg}_{\text{Trolox}}/\text{100g}$) de las muestras estudiadas.

Tabla 6. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis de las respuestas de los panelistas en una escala del 1 al 5.

Índice de Figuras

Figura 1. Fotografía de cuatro lúcumas de Chile (Otter AM., 2015)

Figura 2. Posicionamiento en el diagrama cromático a*b* de las distintas formulaciones.

Figura 3. Esfuerzo VS gradiente de velocidad

Figura 4. Viscosidad VS gradiente de velocidad

Figura 5. Distribuciones del tamaño de las partículas en volumen (curvas representativas) de las muestras.

Figura 6. Gráfico radial de atributos de las muestras

Figura 7. Gráfico radial de atributos de las muestras

1. INTRODUCCIÓN

1.1. COOPERACIÓN AL DESARROLLO

La cooperación al desarrollo es el conjunto de acciones y propuestas que buscan promover el desarrollo y crecimiento de aquellos países que se encuentran en situaciones desfavorecidas (*Cooperación internacional para el desarrollo*, s. f.). Pese a la percepción popular de que la cooperación al desarrollo es meramente trabajo de las ONG, lo cierto es que hace referencia a diversos tipos de organismos y actores como lo son los gobiernos o las instituciones públicas y privadas como, por ejemplo, las universidades.

El propósito de la cooperación al desarrollo es transversal a todos los aspectos que hacen crecer un estado, no sólo el económico, sino también con temas de igualdad social, cultura y ciencia, soberanía alimentaria, educación, política, salud, etc. En general aborda específicamente proyectos que se proponen mejorar la calidad de vida de las personas (Ley 1/2023, de 20 de febrero, de Cooperación para el Desarrollo Sostenible y la Solidaridad Global, 2023).

En los países en vías de desarrollo, las garantías de progreso en estos aspectos no están asentadas, es por esto por lo que se genera un esfuerzo conjunto para solventar problemas que son más grandes que nosotros mismos: las crisis humanitarias, la pobreza, los conflictos, etc. Un sin fin de situaciones a las que la cooperación internacional pretende demostrar que la unión coordinada hace la fuerza. Se trata de una unión coordinada porque no hace referencia a un número de ayudas o “donaciones” por parte de las entidades más favorecidas a las que menos, no es darle al hombre un pez para que coma un día, sino hablar con el hombre para ver por qué no sabe pescar y en la medida de lo posible solucionar juntos las adversidades. La cooperación al desarrollo consiste en trabajar juntos compartiendo recursos, conocimientos y experiencias promoviendo la solidaridad global.

Concretamente en el ámbito de la investigación es poner a disposición de aquellas personas que lo necesitan los recursos y conocimientos necesarios para solucionar los retos que se presenten. Es tal vez uno de los ámbitos que relacionan más directamente la investigación con las personas, y tal vez de los que más ayudan a expandir horizontes a una visión más global de la realidad.

1.2. EMPRESA B CORP

Las Empresas B corp son aquellas que debido a los valores de desempeño social y ambiental, transparencia pública y responsabilidad legal deciden obtener el sello B para sus compañías. Este sello representa que en la propia naturaleza de la empresa no sólo se encuentra el crecimiento económico, sino que arraigado a este concepto de empresa está la mejora del planeta y de las personas (*Movimiento B — B Corp Spain, s. f.*).

Para ello se comprometen a cumplir unos estándares que les exigen legalmente a tener en cuenta a sus trabajadores, clientes, proveedores, comunidad y medio ambiente a la hora de tomar decisiones.

Una de estas “B empresas” es Q’omer, una empresa Valenciana que se especializa en comercializar compuestos bioactivos. La propuesta de valor que presenta es la del trato con los productores y el medio ambiente a la vez que al comercializar compuestos bioactivos promueve la salud y bienestar de sus clientes. Exportan sus productos de la zona amazónica de Iberoamérica buscando las rutas comerciales más eficientes para el medio ambiente y respetando los ciclos naturales de los productos. Uno de estos productos proveniente de la zona andina es la lúcuma.

1.3. LÚCUMA

La lúcuma (*Pouteria lucuma* Ruiz & Pav. Kuntze) es una fruta climatérica (Yahia & Gutiérrez-Oroco, 2011) originaria de los Andes perteneciente a la familia Sapotaceae. Su importancia en el panorama nacional peruano le confiere la denominación de fruta nacional, y no es para menos, ya que

está fuertemente arraigada a sus tierras. Se han encontrado restos de esta fruta que datan del año 8500 a.C. (Masullo et al., 2021).

Ser un alimento fundamental para las civilizaciones prehispánicas sumado al intenso color amarillo de su pulpa hacen que comúnmente se la denomine “Oro de los Incas”.

Se puede consumir en fresco y como ingrediente en repostería, lácteos y dulces. Existen dos tipos de lúcuma: La de palo y la de seda. La de palo es la más utilizada para procesos industriales mientras que la de seda es ideal para consumo en fresco.

El consumo de lúcuma en los mercados internacionales está ganando popularidad recientemente debido a sus compuestos bioactivos y a un creciente interés por los alimentos “orgánicos” (García -Rios et al., 2020)

Perú es el principal exportador de lúcuma del mundo (88%) (Aguilar, 2015), siendo Chile, Estados Unidos y Reino Unido los principales compradores (Yapias et al., 2021)



Figura 1. Fotografía de cuatro lúcumas de Chile (Fuente: Otter., 2015)

2. OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es el de valorizar un producto de comercio justo para hacer una bebida vegetal con lúcumas aceptable para el mercado.

Como objetivos específicos se plantean:

- Diseñar una bebida vegetal con lúcumas
- Determinar las características fisicoquímicas de la bebida propuesta
- Determinar su percepción sensorial por parte del consumidor.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIA PRIMA

Para la elaboración de los batidos de avena y lúcumas estudiados en el trabajo, se empleó polvo de lúcumas convencional suministrado por la empresa Q'omer (Q'omer BioActive Ingredients S.L., Valencia, España). En cuanto a la bebida de avena (Liquats Vegetals, Girona, España) se compró en un supermercado local.

3.2. ELABORACIÓN DE LA BEBIDA

Para cada determinación se emplearon tres formulaciones distintas: bebida de avena a modo de control (Av), bebida de avena y lúcumas al 5% (L5%) y bebida de avena y lúcumas al 10% (L10%). Una vez preparadas las distintas formulaciones de la bebida de avena-lúcumas se agitaron durante 10 segundos con un Ultraturrax (IKA T25 D, Ultra-turrax, Germany) con velocidad incremental entre 3,2 a 7,4 rpm.

3.3. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

3.3.1 Grados Brix

Se empleó un refractómetro digital (PAL-1, Atago, Japón), el valor se expresa directamente como gramos de sólidos solubles en 100 gramos de muestra. Las medidas se registraron por triplicado.

3.3.2 Color

Para caracterizar el color de la muestra se empleó un colorímetro con el que se obtuvieron las coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ (L^* : Luminosidad, a^* : eje de abscisas correspondiente al verde y rojo, b^* : eje de ordenadas correspondiente al azul y amarillo) con iluminante D65 y un ángulo de observador de 10°. Se midió una muestra de las distintas formulaciones sobre fondo blanco y negro sin observarse diferencias significativas en los valores de las coordenadas por lo que se empleó fondo blanco para las medidas registradas durante el trabajo. Para ello se empleó un espectrocolorímetro (TS7030, Shenzhen ThreeNH Technology Co.,Ltd.,China). Con los datos obtenidos se calcularon los parámetros colorimétricos: tono (h) y croma (C) haciendo uso de las ecuaciones 1 y 2 respectivamente:

$$h = \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (1)$$

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

Para determinar la diferencia de color (ΔE) se empleó la media de los parámetros obtenidos del control para compararlos con cada muestra haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

3.3.3 Reología

El comportamiento reológico del batido se midió en un reómetro (Thermo Electron Co., Haake RheoStress 1, Germany) con cilindros coaxiales Z34 DIN usando el sensor del sistema calibrado a 20°C. Las muestras se atemperaron en el reómetro un total de 900s, la velocidad de corte ($\dot{\gamma}$; s⁻¹) se incrementó de 0 a 150.

3.3.4 Densidad

La densidad se calculó mediante picnometría (50 ml) y usando agua destilada a 23,5°C como referencia.

3.3.5 Determinación de compuestos bioactivos

Se determinaron fenoles totales (FT), actividad antioxidante (AA) y carotenoides totales (CT). Para la determinación de FT y AA se homogeneizó la muestra con metanol y posteriormente fue centrifugada a 10.000 rpm durante 10 min a 4°C (Eppendorf Centrifuge 5804 R, Hamburg, Alemania). En el caso de FT se empleó la metodología de Folin Ciocalteu (García-Segovia et al. 2021). Se tomaron 250 μ l del extracto, se añadieron 15 mL de agua destilada y 1,250 mL de reactivo de Folin. Se dejaron reposar las muestras 8 min y se añadió el carbonato de sodio (7.5%) se enrasó con agua destilada a 25 mL y se dejó reposando 2h en oscuridad y se puso en cubetas de plástico para analizarlo en un espectrofotómetro UV-3100PC (VWR, Leuven Bélgica) a una longitud de onda de 765 nm.

Para determinar la actividad antioxidante (AA) se siguió la metodología empleada en Igual et al. (2019). Este método evalúa la actividad antioxidante total (AA) mediante la neutralización de los radicales libres presentes en las muestras utilizando el radical estable DPPH ((2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)). Para ello, se tomó una muestra de 0,1 mL del extracto metanólico y se mezcló con 3,9 mL de DPPH (0,030 g/L, Sigma-Aldrich, Alemania) disuelto en metanol en una cubeta de plástico. La absorbancia de la muestra se midió a 515 nm utilizando un espectrofotómetro UV-3100PC

(VWR, Leuven, Bélgica) en tiempo 0 y después de 5 minutos de reacción. El porcentaje de DPPH se calculó utilizando la ecuación 4:

$$\%DPPH = \frac{(A_{muestra t_0} - A_{muestra})}{A_{control}} \cdot 100 \quad (4)$$

Donde $A_{muestra t_0}$ representa la absorbancia en el tiempo inicial y $A_{muestra}$ es la absorbancia de la muestra.

Los resultados del porcentaje de DPPH se expresaron en milimoles de equivalentes de trolox (TE) por 100 g (mmol TE/100 g), utilizando una curva de calibración de Trolox en el rango de 6,25-150 mM (Sigma-Aldrich, Darmstadt, Alemania).

Para la cuantificación de los carotenoides se emplea la metodología de extracción de Olives-Barba et al. (2006). Se tomaron 5 g de muestra y se añadió una mezcla de hexano/acetona/etanol (50/25/25 v/v/v) y se dejaron en agitación y oscuridad durante 30min, posteriormente se adicionó agua destilada. Una vez separadas las fases, se tomó una alícuota de la fase hexano y se midió la absorbancia a 446 nm en un espectrofotómetro UV-3100PC (VWR, Leuven Bélgica). Los resultados se expresaron como mg de β -caroteno/100g de muestra.

3.3.6 Tamaño de partícula

Para determinar el tamaño de partícula se empleó un analizador de tamaño de partículas por difracción láser (Malvern Instruments Ltd., Mastersizer 2000, Malvern, UK) empleando un dispersor de vía húmeda ((Malvern Instruments Ltd., Hydro 2000 MU, Malvern, UK), empleando el método de difracción láser y la teoría de Mie según la normativa ISO 13320, seguida en Arilla et al. (2020). Para ello se prepararon 50 ml de cada formulación, cada una se dispersó en agua destilada en agitación a 1800 rpm a 20°C con seis repeticiones.

3.3.7 Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó con un panel de 19 consumidores en una sala de catas normalizada (código de la sala V.8E.0.020). Se presentaron las muestras con un código de tres dígitos en orden aleatorio y se recopilaron las respuestas de los panelistas en un formulario para los parámetros color, intensidad de color, sabor, intensidad de sabor, dulzor, consistencia en boca y aceptabilidad global en una escala de cinco puntos siendo 1 “muy desagradable” y 5 “muy agradable”.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se llevaron a cabo pruebas de análisis de la varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95% ($p < 0,05$) para evaluar las diferencias entre las muestras para cada una de las variables estudiadas. Estos análisis se realizaron utilizando el software Statgraphics Centurion 18, versión 18.1.13 (Statgraphics Technologies, Inc., The Plains, VA, USA).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. GRADOS BRUX Y DENSIDAD

Mediante los ensayos de refractometría y picnometría se obtuvieron los grados brix y la densidad de las distintas formulaciones. En ambos casos se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras. Se puede apreciar que conforme se aumenta la concentración de polvo de lúcumas en la formulación aumentan tanto los grados Brix como la densidad. Esto se debe a la cantidad de sólidos solubles presentes en la lúcumas.

Teniendo en cuenta que la mayoría de la fibra del fruto es insoluble, este aumento de grados brix debe ser producido por azúcares presentes en el polvo de lúcumas, que aportan sabor dulce pero debido a su contenido en inhibidores de la α -glucosidasa no elevan tanto el índice glucémico (Yahia y Gutierrez,

2011). En la tabla 1 se pueden apreciar las medias y desviación estándar para estos parámetros en las bebidas de lúcumas diseñadas.

Tabla 1. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis de la densidad (kg/m^3) y grados brix expresados como gramos de sólidos solubles por 100g de muestra.

Formulación	Densidad (kg/m^3)	°Brix
Avena	1027 (2) ^c	9,77 (0,06) ^c
Avena+ L 5%	1051 (4) ^b	11,7 (0,3) ^b
Avena+ L 10%	1072 (5) ^a	13,30 (0,15) ^a

Nota: En las columnas, la misma letra minúscula en superíndice indica grupos homogéneos establecidos mediante ANOVA ($p < 0,05$)

4.2. COLOR

Se observan diferencias significativas entre el color de las formulaciones ($p < 0,05$). La tabla 2 muestra los valores medios y desviación estándar para L a b C y h, así como la diferencia de color E.

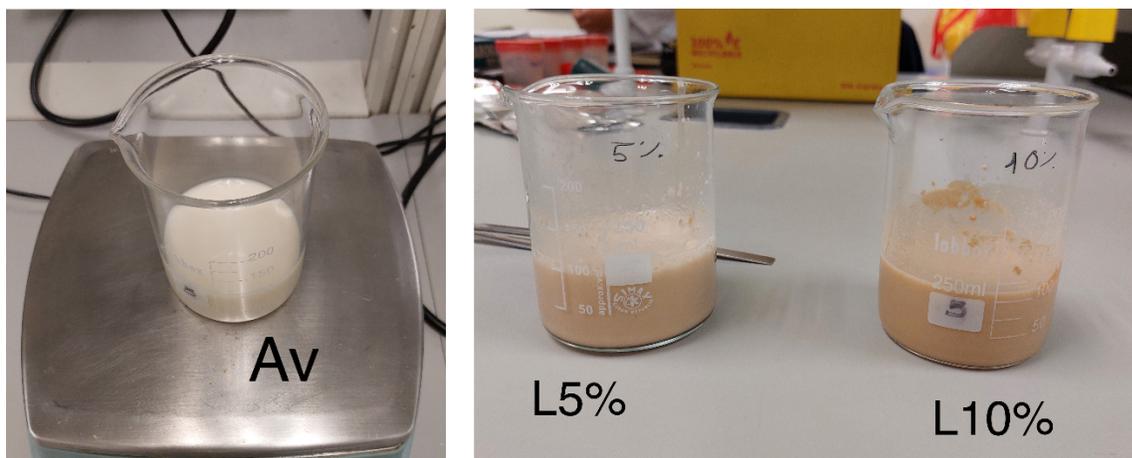


Figura 2. Fotografías de las distintas formulaciones (de izquierda a derecha Avena, Lúcumas 5% y Lúcumas 10%)

Se puede observar como un incremento en la concentración de lúcumas disminuye la luminosidad de la muestra, pero aumenta significativamente el resto de las coordenadas colorimétricas.

Con respecto a la diferencia de color podemos observar que también aumenta en función de la cantidad de lúcuma añadida. Los resultados obtenidos distan de los obtenidos por otros autores para la pulpa de lúcuma (Garcia-Rios et al. ,2020). Una de las causas que pueden ser responsables de esta falta de color es la pérdida de carotenoides (responsables del amarillo característico de la fruta) debido al procesado y almacenamiento del polvo de lúcuma empleado en el estudio. En la figura 2 se puede observar el posicionamiento en el espacio cromático de las diferentes formulaciones.

Tabla 2. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis de las coordenadas CIEL*a*b* y los parámetros colorimétricos de las formulaciones: h (tono), C (croma) y ΔE (diferencia de color con respecto a la formulación de avena).

Formulación	L*	a*	b*	h	C	ΔE
Avena	73,3 (0,4) ^a	0,18 (0,01) ^c	11,89 (0,09) ^c	89,12 (0,05) ^a	11,9 (0,08) ^c	-
Avena+ L 5%	63,2 (0,3) ^b	5,54 (0,08) ^b	16,4 (0,3) ^b	71,3 (0,1) ^b	17,3 (0,3) ^b	12,3 (0,3) ^b
Avena+ L 10%	57 (0,3) ^c	8,26 (0,08) ^a	20,2 (0,2) ^a	67,65 (0,07) ^c	21,7 (0,2) ^a	19,3 (0,3) ^a

Nota: En las columnas, la misma letra minúscula en superíndice indica grupos homogéneos establecidos mediante ANOVA (p < 0,05)

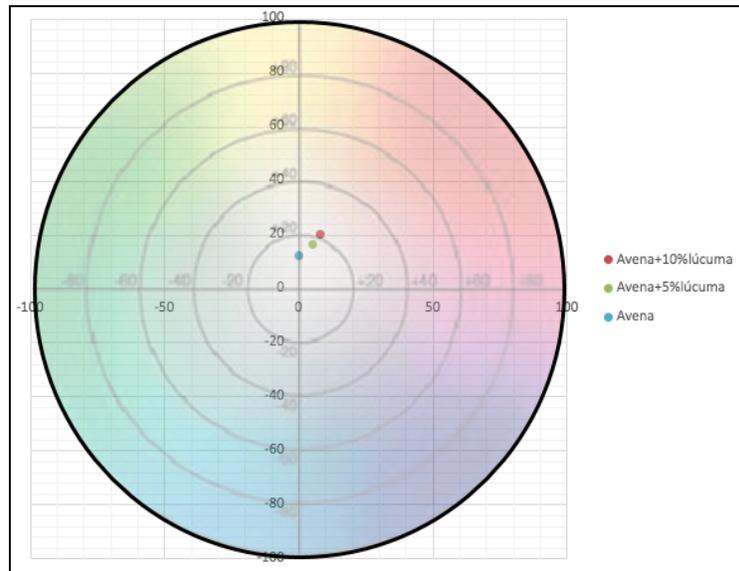


Figura 2. Posicionamiento en el diagrama cromático a*b* de las distintas formulaciones.

4.3. REOLOGÍA

Para analizar la influencia de las diferentes concentraciones de lúcumas sobre la reología del batido se caracterizaron las curvas de flujo mediante el modelo de Ostwald. En la tabla 3 se pueden observar los parámetros n (índice de comportamiento de flujo), K (índice de consistencia) y R (coeficiente de correlación del modelo). No se observaron diferencias estadísticamente significativas para el índice de comportamiento de flujo de ninguna formulación, pero sí en el índice de consistencia de flujo en la viscosidad aparente, en la que el valor aumenta en función de la lúcumas añadidas. Según el modelo de Ostwald, si $n=1$ el fluido presenta carácter newtoniano, mientras que si $n<1$ se trata de un fluido pseudoplástico. Podemos observar cómo tanto la bebida de avena como las formulaciones con lúcumas, se adaptan perfectamente al modelo de Ostwald y presentan un índice de consistencia menor a uno. El carácter pseudoplástico de las formulaciones concuerda con Silva et al. (2020) respecto a otras bebidas vegetales y presenta parámetros similares. Las distintas formulaciones también presentan el característico descenso de viscosidad aparente al incrementar el gradiente de velocidad que presentan los fluidos no newtonianos. El incremento no significativo ($p>0,05$) de los parámetros reológicos puede ser debido a la presencia de hidrocoloides en la bebida de lúcumas.

Tabla 3. Valores medio y desviación estándar de los parámetros ajustados del modelo de Ostwald: n (índice de comportamiento de flujo), K (índice de consistencia de flujo) y R (ajuste del modelo).

Formulación	n	K	R
Avena	0,37 (0,08) ^a	0,22 (0,09) ^a	0,95 (0,05) ^a
Avena+ L 5%	0,34 (0,01) ^a	0,32 (0,04) ^a	0,970 (0,004) ^a
Avena+ L 10%	0,40 (0,02) ^a	0,48 (0,05) ^a	0,988 (0,006) ^a

Nota: En las columnas, la misma letra minúscula en superíndice indica grupos homogéneos establecidos mediante ANOVA ($p < 0,05$)

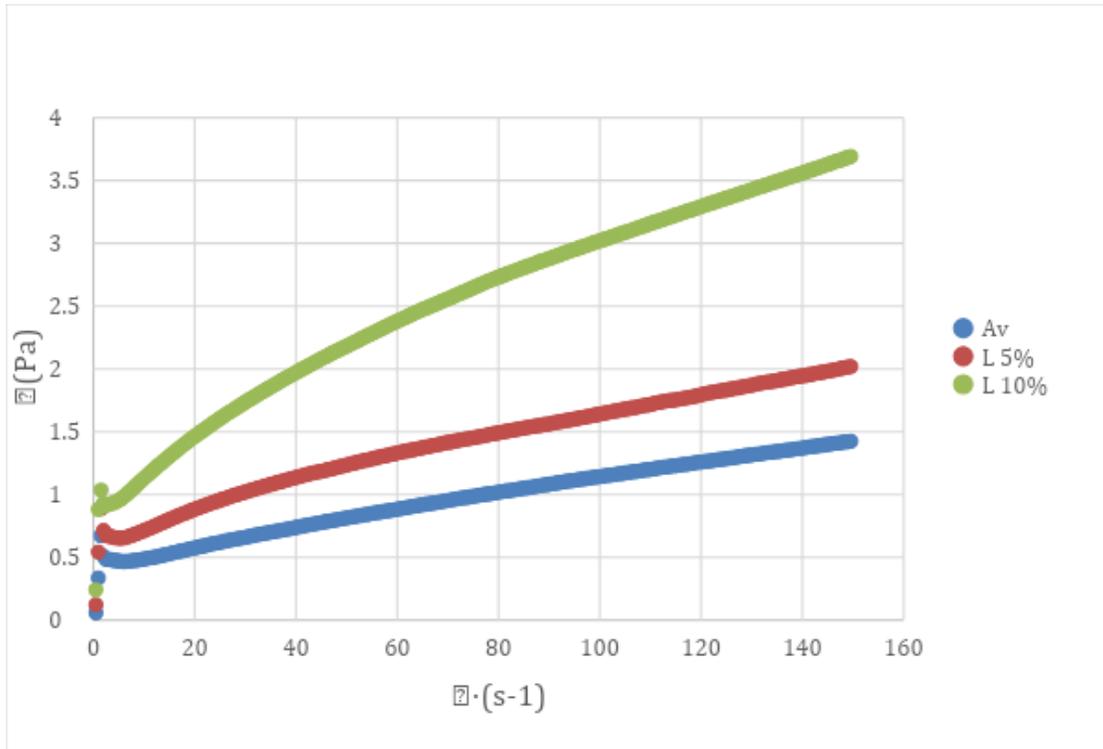


Figura 3. Esfuerzo VS gradiente de velocidad

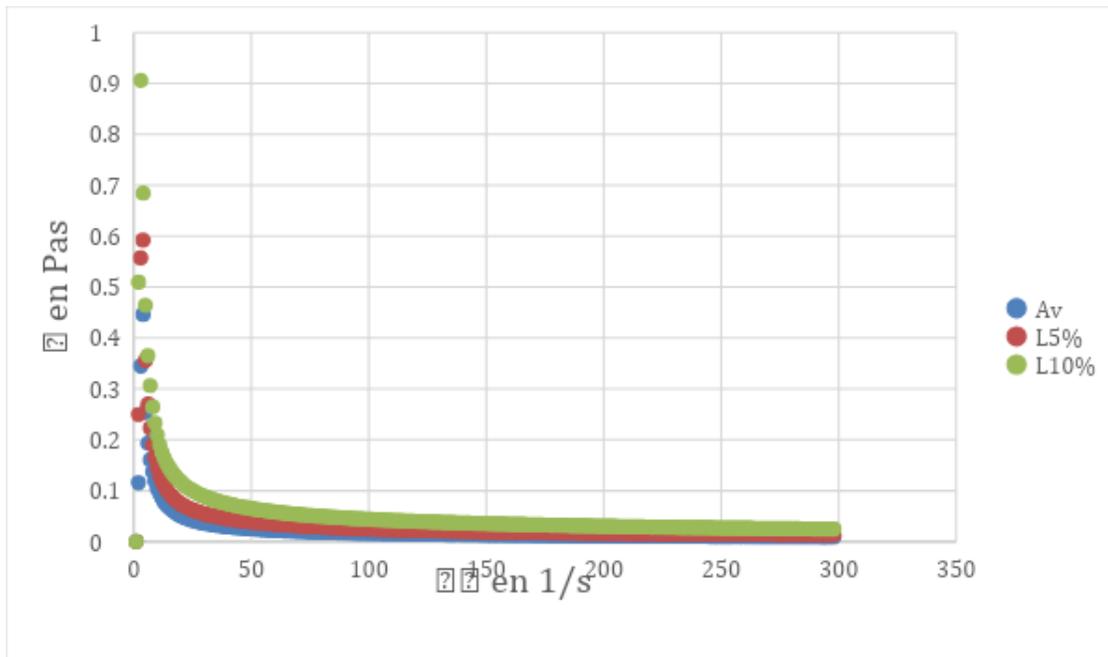


Figura 4. Viscosidad VS gradiente de velocidad

4.4. TAMAÑO DE PARTÍCULA

En cuanto al tamaño de partícula podemos observar los resultados del diámetro medio de volumen (D) y los percentiles estándar 0,1/0,5/0,9/ en la tabla 5. El diámetro medio de volumen de la bebida de avena presenta valores similares a los observados en Codina-Torrella et al. (2017) para bebida vegetal de chufa y en Sivanandan et al. (2010) a las muestras de bebida de soja comercial. La cantidad de lúcumo añadida no presenta ninguna diferencia significativa ($p>0,05$), lo único que presenta un cambio es la presencia o ausencia de esta. El diámetro medio de volumen en las formulaciones con lúcumo aumenta significativamente ($p>0,05$). Esta diferencia significativa parece afectar a la consistencia en boca evaluada en el análisis sensorial, ya Ayodele et al. (2012) constata que las diferencias en el tamaño de partícula pueden presentar cambios significativos en diversos atributos sensoriales del producto final y en su valoración global, aunque en su caso para harina de yuca en pastas.

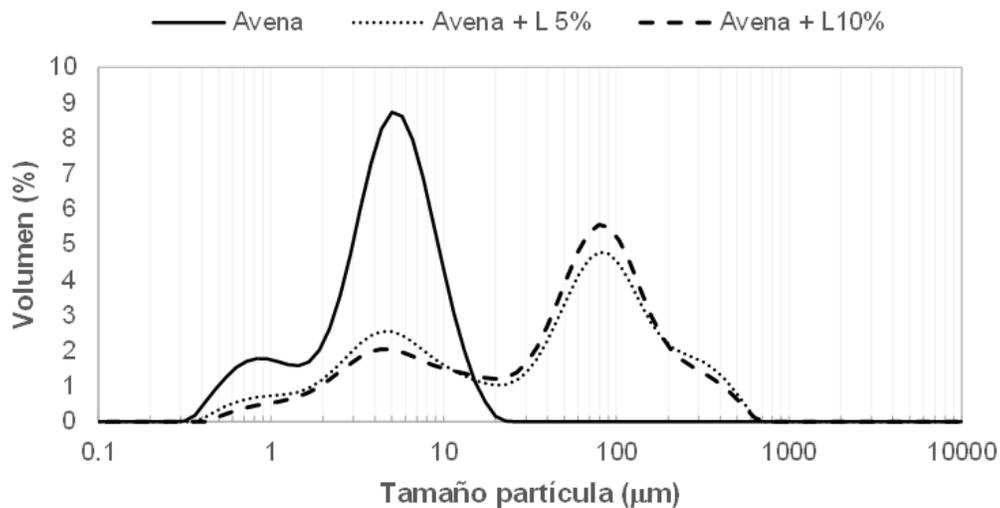


Figura 5. Distribuciones del tamaño de las partículas en volumen (curvas representativas) de las muestras.

Tabla 4. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis de diámetro medio volumétrico (μm) D (4,3), percentiles estándares (μm) d (0.1), d (0.5), and d (0.9) de las muestras estudiadas.

Sample	D (4,3)	d (0.1)	d (0.5)	d (0.9)
Avena	4.80 (0.03) ^b	0.972 (0.006) ^c	4.30 (0.02) ^c	9.04 (0.08) ^b
Avena+ L 5%	77 (4) ^a	2.32 (0.05) ^b	46.8 (1.2) ^b	206 (15) ^a
Avena+ L 10%	77 (3) ^a	2.87 (0.04) ^a	52.7 (0.6) ^a	184 (10) ^a

Nota: En las columnas, la misma letra minúscula en superíndice indica grupos homogéneos establecidos mediante ANOVA ($p < 0,05$)

4.5. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

Las propiedades beneficiosas de las bebidas saludables están fuertemente relacionadas con sus compuestos bioactivos, como los carotenoides que aportan propiedades antioxidantes. El resultado de los análisis de compuestos bioactivos en las distintas formulaciones puede verse en la tabla 5, se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las distintas formulaciones para carotenoides totales, fenoles totales y actividad antioxidante. Los valores de fenoles totales de la formulación de avena son similares a los observados en Babolanmogadam et al. (2022). A medida que se aumenta el porcentaje de lúcuma en la bebida se observan mayores valores de compuestos bioactivos, parece que existe una proporcionalidad ya que al añadir el doble de lúcuma se doblan los valores de carotenoides totales y fenoles totales.

Tabla 5. Valores medios y desviaciones estándar de carotenoides totales (CT, $\text{mg}_{\beta\text{-caroteno}}/100\text{g}$), fenoles totales (FT, $\text{mg}_{\text{GA}}/100\text{g}$) y actividad antioxidante (AA, $\text{mg}_{\text{Trolox}}/100\text{g}$) de las muestras estudiadas.

Sample	CT	FT	AA
Avena	0.109 (0.007) ^c	26 (2) ^c	- ^c
Avena+ L 5%	0.145 (0.006) ^b	36.7 (0.6) ^b	7.2 (1.3) ^b
Avena+ L 10%	0.171 (0.005) ^a	45.5 (0.8) ^a	11.6 (0.3) ^a

Nota: En las columnas, la misma letra minúscula en superíndice indica grupos homogéneos establecidos mediante ANOVA ($p < 0,05$)

4.5. ANÁLISIS SENSORIAL

Se puede observar como las formulaciones L5% y L10 presentan valores similares, pero se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a la consistencia en boca. Esto es debido a la textura característica de la lúcuma que también observa Singh et al. (2022) en helados de lúcuma. Con respecto a la intensidad de los atributos, no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las formulaciones L5% y L10% pero si con la de avena. Es interesante comentar que pese a las diferencias de atributos no se observa una diferencia significativa ($p > 0,05$) en la aceptación global ($p < 0,05$), los catadores presentaron un nivel de aceptabilidad similar en las tres formulaciones.

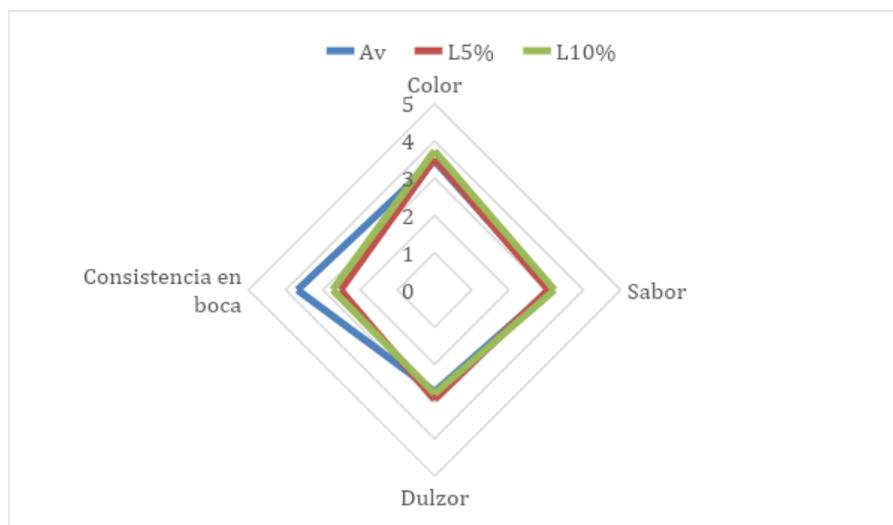


Figura 6. Gráfico radial de atributos de las muestras

Tabla 6. Valores medios y desviaciones estándar entre paréntesis de las respuestas de los panelistas en una escala del 1 al 5.

Formulación	Intensidad Color	Intensidad Sabor	Aceptabilidad Global
Avena	2,16(1,07) ^b	2,37(1,26) ^b	3,05(1,13) ^a
Avena+ L 5%	3,68(0,82) ^a	3,42(0,96) ^a	2,89(0,99) ^a
Avena+ L 10%	3,21(0,79) ^a	3,05(0,85) ^a	3,05(1,08) ^a

Nota: En las columnas, la misma letra minúscula en superíndice indica grupos homogéneos establecidos mediante ANOVA ($p < 0,05$)

5. CONCLUSIONES

Con este trabajo se han conseguido caracterizar las diferentes propiedades fisicoquímicas de interés de una bebida de avena y lúcuma en distintas formulaciones para observar cómo afecta la cantidad de esta a sus distintas propiedades. Se ha realizado un análisis sensorial de las formulaciones que incorporan lúcuma y no se han observado diferencias significativas en la aceptación global frente la formulación sin lúcuma. Se considera pues que la lúcuma en polvo, obtenida de fuentes sostenibles y comercio justo es capaz de comportarse como un ingrediente que mejore el perfil en compuestos bioactivos de una bebida vegetal sin que ello implique un rechazo por parte de los consumidores.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arilla, E., Igual, M., Martínez-Monzó, J., Codoñer-Franch, P., & García-Segovia, P. (2020). Impact of resistant maltodextrin addition on the Physico-Chemical Properties in pasteurised orange juice. *Foods*, 9(12), 1832. <https://doi.org/10.3390/foods9121832>

Ayodele, B., Bolade, M. K., & Usman, M. (2012). Quality characteristics and acceptability of 'Amala' (Yam-based thick paste) as influenced by particle size categorization of Yam (*Dioscorea rotundata*) flour. *Food Science and Technology International*, 19(1), 35-43. <https://doi.org/10.1177/1082013212442181>

Babolanimogadam, N., Gandomi, H., Basti, A. A., & Taherzadeh, M. J. (2022). Nutritional, functional, and sensorial properties of oat milk produced by single and combined acid, alkaline, α -amylase, and sprouting treatments. *Food Science and Nutrition*, 11(5), 2288-2297. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3171>

Codina-Torrella, I., Güamis, B., Ferragut, V., & Trujillo, A. (2017). Potential application of ultra-high pressure homogenization in the physico-chemical stabilization of Tiger Nuts' milk beverage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 40, 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.023>

Cooperación internacional para el desarrollo. (s. f.). Ministerio de asuntos exteriores, Unión Europea y Cooperación. Recuperado 17 de julio de 2023, de <https://www.exteriores.gob.es/es/PoliticaExterior/Paginas/CooperacionDesarrollo.aspx>

- García-Segovia, P., Igual, M., & Martínez-Monzó, J. (2021). Beetroot Microencapsulation with Pea Protein Using Spray Drying: Physicochemical, Structural and Functional Properties. *Applied Sciences*, 11(14), 6658. <https://doi.org/10.3390/app11146658>
- García-Ríos, D., Aguilar-Galvez, A., Chirinos, R., Pedreschi, R., & Campos, D. (2020). Relevant physicochemical properties and metabolites with functional properties of two commercial varieties of Peruvian *Pouteria lucuma*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(6). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14479>
- Igual, M., Cebadera, L., Cámara, R. M., Agudelo, C., Martínez-Navarrete, N., & Cámara, M. (2019). Novel Ingredients Based on Grapefruit Freeze-Dried Formulations: Nutritional and Bioactive Value. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(10), 506. <https://doi.org/10.3390/foods8100506>
- Ley 1/2023, de 20 de febrero, de Cooperación para el Desarrollo Sostenible y la Solidaridad Global, Ley n.º 1/2023 (2023, 21 de febrero) (España). *Boletín Oficial del Estado*, 38, de 21 de febrero de 2023. <https://www.boe.es/eli/es/l/2023/02/20/1/con>
- Malpartida Yapias, R. J., Chagua Rodríguez, P., Echevarría Victorio, J. P., & Adama Astete, J. M. (2021). Lúcumá (Pouteria lúcumá): Potencial bioactivo y agroindustrial del valle interandino peruano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 1250-1266. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.326

Masullo, M., Cerulli, A., Pìzza, C., & Piacente, S. (2021). Pouteria lucuma Pulp and Skin: In depth chemical profile and evaluation of antioxidant activity. *Molecules*, 26(17), 5236. <https://doi.org/10.3390/molecules26175236>

Movimiento B — B Corp Spain. (s. f.). B Corp Spain. Recuperado 21 de junio de 2023, de <https://www.bcorpspain.es/movimiento-b>

Olives, A. I., Cámara, M., Mata, M., Fernández-Ruiz, V., & De Tejada, M. L. S. (2006). Application of a UV–Vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and B-carotene in vegetables. *Food Chemistry*, 95(2), 328-336. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.028>

Otter, AM. (2015). *A group of Lúcumas from Chile* [PNG]. Wikimedia Commons, <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/L%C3%BAcuma.png>

Qomer. (2022, 3 noviembre). *Sobre nosotros - Qomer*. Recuperado 21 de junio de 2023, de <https://qomer.eu/sobre-nosotros/>

Silva, K., Machado, A. L. B., Cardoso, C. F., Da Silva, F. A., & Freitas, F. F. (2020). Rheological behavior of plant-based beverages. *Food Science and Technology*, 40(suppl 1), 258-263. <https://doi.org/10.1590/fst.09219>

Singh, G. (2022). *Sensory and consumer evaluation of lucuma powder as an ingredient for ice cream in the United States* [Tesis for the degree: Master of Science]. Kansas State University.

Sivanandan, L., Toledo, R. T., & Singh, R. K. (2010). Rheological and ultrastructural properties and particle size distribution of soymilk as affected by processing methods. *International Journal of Food Properties*, 13(3), 580-598. <https://doi.org/10.1080/10942910902716943>

Yahia, E. M., & Guttierrez-Orozco, F. (2011). Lucuma (Pouteria Lucuma (Ruiz and Pav.) Kuntze). En *Elsevier eBooks* (pp. 443-450e). <https://doi.org/10.1533/9780857092885.443>

7. ANEXOS

Anexo I: Tabla Relación TFG con los ODS Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030

Anexo al Trabajo de Fin de Grado y Trabajo de Fin de Máster: Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.			X	
ODS 2. Hambre cero.	X			
ODS 3. Salud y bienestar.			X	
ODS 4. Educación de calidad.				X
ODS 5. Igualdad de género.				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				X
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.		X		
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.				X
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.			X	
ODS 12. Producción y consumo responsables.		X		
ODS 13. Acción por el clima.				X
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				X
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X

Descripción de la alineación del TFG/TFM con los ODS con un grado de relación más alto.

***Utilice tantas páginas como sea necesario.

Anexo II: Relación del trabajo con el ODS 2: Hambre Cero

El segundo objetivo de desarrollo sostenible hace frente a una realidad terrible de afrontar: el hambre persistente que afecta a millones de personas en todo el mundo. Según el Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023, el año pasado casi el 10% de la población mundial estaba expuesta al hambre crónica. El no tener acceso a una alimentación adecuada encabeza una serie de problemas que van desde la malnutrición severa, pasando por la emaciación (bajo peso para la estatura) hasta el desarrollo de enfermedades carenciales. Esto presenta un desafío que demanda una solución integral y sostenible, que no solo mitigue los efectos que causan la escasez de alimentos, sino que ataque las raíces del problema y sea estable en el tiempo. En este contexto la exploración de alternativas nutricionales no solo saciantes, sino también sostenibles, se vuelve una necesidad.

La alternativa que se ha contemplado en este trabajo es la lúcuma, rica en compuestos funcionales y de una cultura que, unida al cultivo sostenible y responsable, presenta nuevas oportunidades. También desde el punto de la diversificación alimentaria y de la inclusión de comunidades locales, el proporcionar información sobre las posibilidades que ofrece un producto desconocido para la mayoría del mundo que se intenta traer desde una iniciativa sostenible y responsable con el medio ambiente y las comunidades locales que lo cultivan, puede fomentar a que se cumpla este objetivo de desarrollo sostenible preservando los terrenos de cultivo para las siguientes generaciones y estemos más cerca de alcanzar su meta: hambre cero.