

IV CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

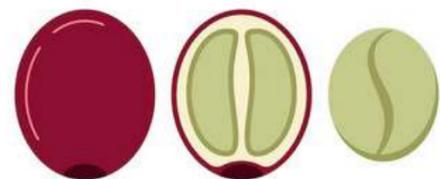
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA VALORIZACIÓN DE PULPA DE CAFÉ.

Elkin Fabian Rojas Orduña, María Hernandez Carrión, Andrea Sánchez-Camargo
Universidad de Los Andes – Bogotá D.C. Colombia

Organiza:



- Colombia es el 3er mayor productor de café en el mundo [1].
- La FNC reporta 1 millón de toneladas de CPS en 2023 [2].
- Producir 1 tonelada de CPS genera 2 toneladas de pulpa fresca.



01

Colombia produjo
2 millón de ton. en
2023



Producción

02

Aumenta acidez en
suelos y contamina
el agua



Efecto medioambiental

- Se facilita la proliferación de hongos [3].
- Aumenta los sólidos solubles y la demanda biológica de oxígeno [4].
- La pulpa en fermentación genera gases efecto invernadero [5].

- El negocio no es rentable para los productores.
- Precio dado por la Bolsa Valores de Nueva York y la TRM [6].
- Los productores están en búsqueda de alternativas de ingreso.

03

El productor es el eslabón más débil de la cadena



Rentabilidad del negocio

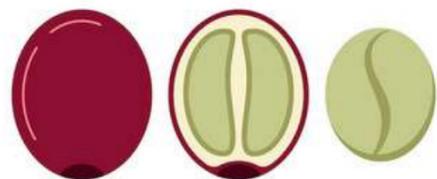
04

Aumentar desarrollo en zona rurales



Ciencia e Ingeniería al campo

- Mejorar calidad de vida de los caficultores.
- Promover el relevo generacional en el campo.
- Tener la materia prima recién generada.



05

La pulpa de café
 tiene compuestos
 bioactivos de interés

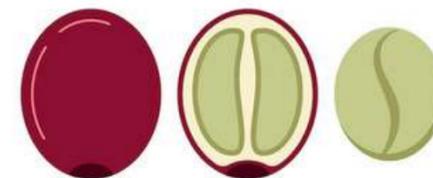
[7,8]



Pulpa de café



- Carotenoides
- Polifenoles
- Azúcares
- Fibra dietaria
- Ácidos orgánicos
- Cafeína
- Proteínas





OPEN ACCESS

EDITED BY
Pasquale Crupi,
University of Bari Aldo Moro, Italy

REVIEWED BY
Aline Toci,
Universidade Federal da Integração Latino-
Americana, Brazil
Roberto Rodríguez Ramírez,
Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON),
Mexico

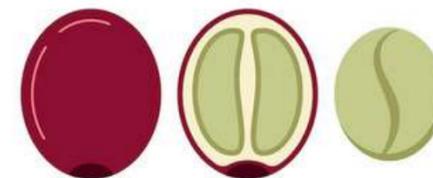
*CORRESPONDENCE
Andrea del Pilar Sánchez-Camargo
✉ ad.sanchez@uniandes.edu.co

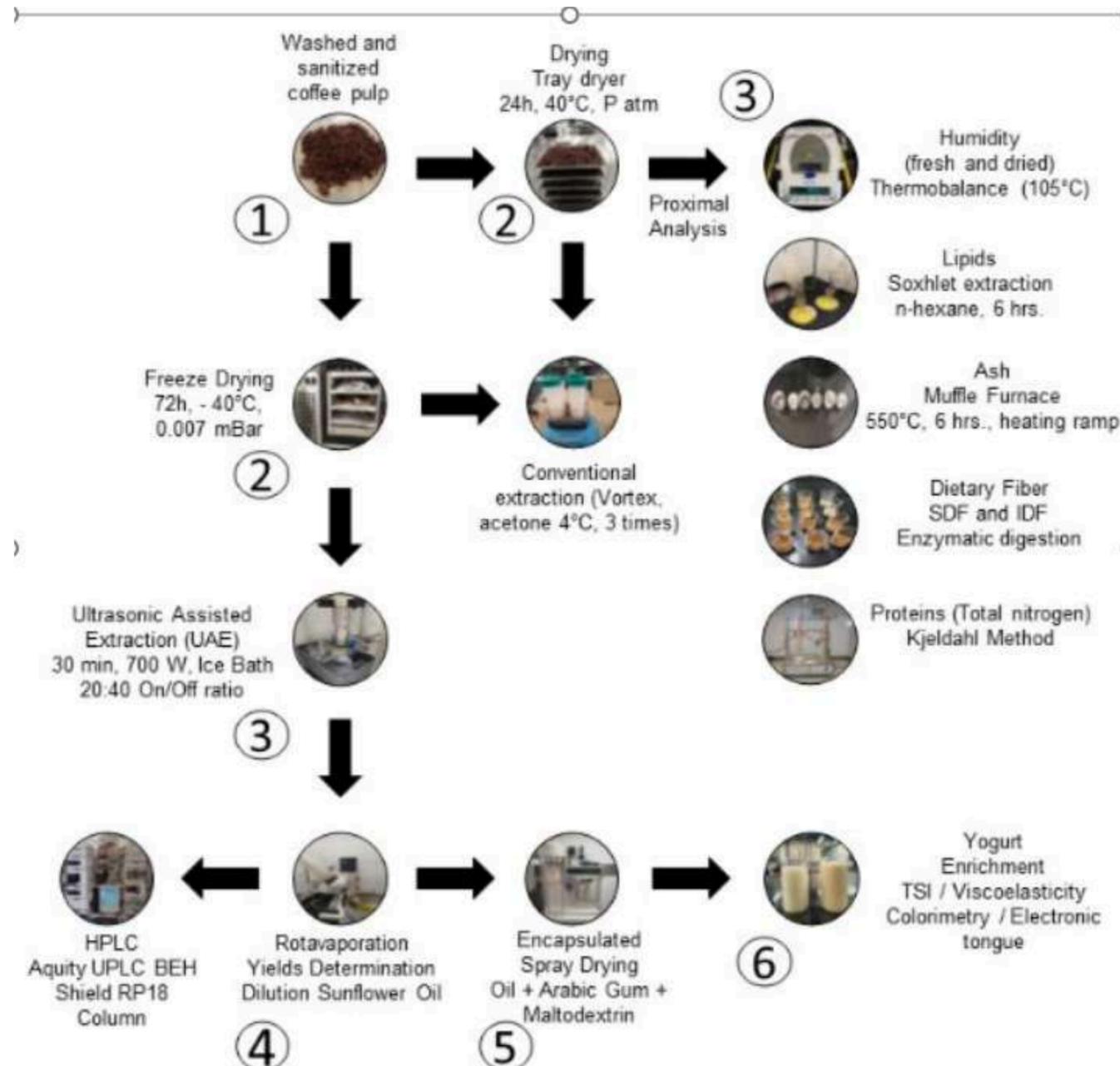
RECEIVED 30 May 2023
ACCEPTED 14 August 2023
PUBLISHED 31 August 2023

Utilization of red and yellow *Coffea arabica* var. Caturra pulp: macronutrient analysis, carotenoid extraction, and encapsulation for dairy product enrichment

Elkin Rojas-Orduña¹, María Hernández-Carrión¹,
Juan David Gómez-Franco², Carlos-Eduardo Narváez-Cuenca²
and Andrea del Pilar Sánchez-Camargo^{1*}

¹Group of Product and Process Design, Department of Chemical and Food Engineering, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia; ²Food Chemistry Research Group, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia





Color	Drying method	Extraction method	Concentration (mg ^a /g sample)
Red	Forced convection	CE	1.06 (0.02)
		Freeze-dried	1.58 (0.08)
	Freeze-dried	Ultrasound	1.72 (0.17)
Yellow	Forced convection	CE	1.19 (0.09)
		Freeze-dried	1.646 (0.004)
	Freeze-dried	Ultrasound	2.059 (0.001)

Values in parentheses are standard deviations. $n = 3$. mg^a, mg of β -carotene equivalents/g sample. CE, Convectional Extraction.

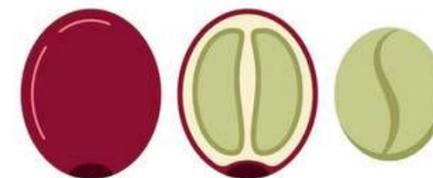


TABLE 4 Experimental conditions and results for carotenoid extraction from red and yellow coffee pulp using ultrasound-assisted extraction.

Color	BM:S ratio ^a (g/mL)	E:A ratio ^b (v/v)	CEB ^c (mg β -carotene eq./g biomass DW ^f)	EY ^d (% g extract/100 g biomass DW)	CCE ^e (mg β -carotene eq./g extract)
Red	1:20	20:80	2.116 ^A (0.156)	4.315 ^D (0.003)	49.03 ^A (3.63)
	1:20	80:20	2.028 ^A (0.065)	6.251 ^{AB} (0.425)	32.55 ^{BC} (2.60)
	1:40	20:80	2.154 ^A (0.202)	5.986 ^{BC} (0.576)	36.00 ^{BC} (0.98)
	1:40	80:20	2.184 ^A (0.020)	7.302 ^A (0.507)	30.00 ^C (2.07)
Yellow	1:20	20:80	2.062 ^A (0.140)	4.026 ^D (0.083)	51.28 ^A (4.52)
	1:20	80:20	1.991 ^A (0.005)	5.121 ^{CD} (0.359)	39.02 ^B (2.85)
	1:40	20:80	2.300 ^A (0.146)	5.892 ^{BC} (0.417)	39.06 ^B (1.21)
	1:40	80:20	2.176 ^A (0.008)	6.192 ^{ABC} (0.436)	35.26 ^{BC} (2.55)

Values in parentheses are standard deviations. BM:S ratio^a, Biomass: Solvent ratio; E:A ratio^b, Ethanol: Ethyl acetate; CEB^c, Carotenoids extracted from biomass; EY^d, Extraction yield; CCE^e, Carotenoids content in extract; DW^f, Dry Weight. For the same column, values with different capital letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) according to Tukey's test $n = 3$.

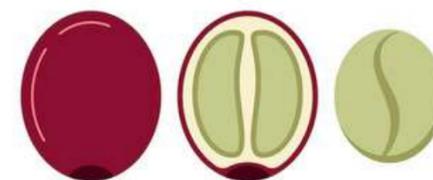
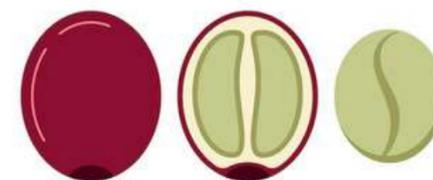


TABLE 5 Characteristics of carotenoid-rich encapsulates obtained through spray drying.

Property	Value ^a
Drying yield (%)	91.45 (0.01)
Encapsulation efficiency (%)	45.57 (4.03)
Moisture (%)	3.03 (0.26)
Water activity (a_w)	0.25 (0.01)
Dissolution rate (s)	153.5 (2.8)
Tapped density (g/mL)	0.50 (0.01)
Provitamin A (RAE)	12.57 (0.60)

^a Values in parentheses are standard deviations. a_w , Water activity; RAE, Retinol Activity Equivalents.

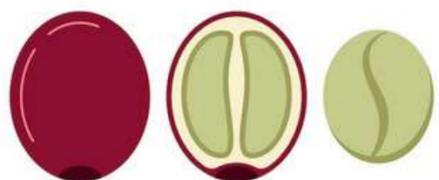
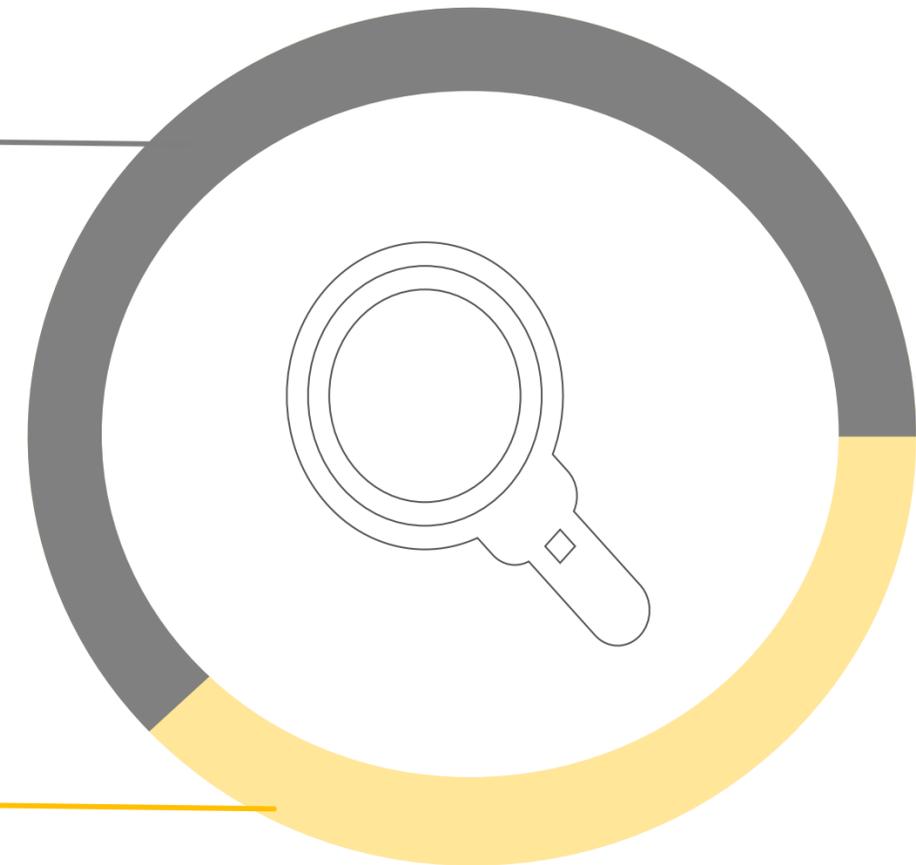


General

- Proponer estrategias para la valorización de la pulpa de café que conduzcan a productos terminados.

Específico

- Explorar la valorización a partir de la extracción de carotenoides usando un método no convencional y adicionarlos en la formulación de un producto tipo gomita.
- Explorar la valorización aprovechando capacidad antioxidante de la pulpa para producir una bebida tipo kombucha.



pubs.acs.org/acsfoodscitech

Article

Gummies Enriched with Carotenoids Extracted from Yellow Coffee Pulp (Caturra Var.) Using Microwave-Assisted Extraction

Elkin Rojas-Orduña, María Hernández-Carrión, and Andrea del Pilar Sánchez-Camargo*



Cite This: *ACS Food Sci. Technol.* 2024, 4, 1950–1959



Read Online

ACCESS |



Metrics & More



Article Recommendations



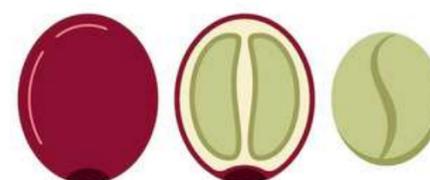
Supporting Information

ABSTRACT: In this study, the untapped potential of coffee byproducts, specifically carotenoids present in coffee pulp, was explored. Using a Box–Behnken response surface design, microwave-assisted extraction conditions were optimized. The study varied the power, time, and ethanol: ethyl acetate solvent ratio to maximize the extraction yield, carotenoid concentration in the extract, and carotenoid recovery. Under optimized conditions (364 W, 105 s, solvent ratio 20% ethanol: ethyl acetate), an % EY of $6.54 \pm 0.48\%$, CCE of 5.72 ± 0.51 mg β -carotene equiv/g extract, and % CR of $54.52 \pm 1.69\%$ were achieved. The optimized extract was freeze-dried and encapsulated through an emulsion with a mean particle size (D_{v50}) of 1.249 ± 0.210 μm . Subsequently, this extract was incorporated into a gummy formulation, which was analyzed for its textural properties. The addition of the encapsulated carotenoid extract affected the color of the gummy but not the textural properties. The findings of this research represent an alternative that could be attractive for the Colombian coffee agro-industrial sector.

KEYWORDS: *Box–Behnken, coffee byproducts, emulsion, encapsulation, pro-vitamin A*



Elkin Rojas



3.1 Metodología

01

Pretratamiento



02

Diseño experimental
Extracción de carotenoides

Minitab®



03

Encapsulación del extracto



04

Secado de la emulsión



05

Formulación de las gomitas



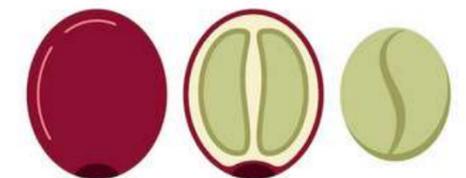
01

Pretratamiento



Condiciones

- La pulpa de café congelada fue entregada por la empresa **Tint Café SAS**
- Desinfección con hipoclorito de sodio a 100 ppm
- Deshidratación en liofilizador a -84°C durante 72 horas
- Reducción de tamaño por medio de un molino de cuchillas
- Selección por tamaño en un tamiz de lecho plano empleando los tamaños de partícula entre 250 y 425 μm
- Empacado al vacío





02

Diseño experimental



Minitab®

Superficie de respuesta
Box-Benhken

Factores y niveles

- Potencia (200 W, 300 W, 400 W)
- Tiempo (40 s, 80 s, 120 s)
- Relación etanol:acetato etilo (20%, 50%, 80%)

Variables de respuesta

02

Extracción de carotenoides



Microondas Ethos X
Biomasa : Solvente
1g:20mL

Extracción convencional [9]

Biomasa : Solvente
1g:10mL

- Usando acetona en un Dispermat a 10 000 RPM x 5 min hasta obtener un extracto incoloro
- Centrifugado a 4 300 RPM x 8min
- Filtrado, aforado
- Espectrofotómetro a 454 nm

Optimización

- De las variables por separado, en parejas y las 3 juntas.
- Lo que se busca:
 - Mayor cantidad de extracto .
 - Mayor contenido de carotenoides en el extracto.

03

Encapsulación del extracto



Rotor-Estator
20 000 RPM
8 min

Formulación [10]

- Extracto (0.1 g)
- Aceite de soya (0.9 g)
- Lecitina de soya (1 g)
- Gelatina tipo A (1 g)
- Agua (200 mL)

Det. tamaño de gota encapsulado

- **MasterSizer 3000**
 - Índice refracción agua
 - Índice refracción aceite soya
- **Microscopio óptico Motic BA310**
 - usando lente 100X

04

Secado de emulsión



FreeZone 4.5 L Benchtop

-84°C x 72 h
0.082 mbar

Caracterización encapsulado seco

- % Humedad
- Rendimiento secado
- Actividad agua
- Eficiencia encapsulación

Det. tamaño de gota encapsulado redisuelto

- **MasterSizer 3000**
 - índice refracción agua
 - Índice refracción aceite soya
- **Microscopio óptico Motic BA310**
 - usando lente 100X

05

Formulación de las gomitas



Ingredientes para 100 g de gomita [11]:

- Agua (32%)
 - Sacarosa (24%)
 - Jarabe de maíz (24%)
 - Almidón de maíz modificado (7.1%)
 - Gelatina Tipo A (5.5%)
 - Ácido cítrico (0.3%)
 - Carotenoides encapsulados* (7.1%)
- *Para la gomita control no se aplicó

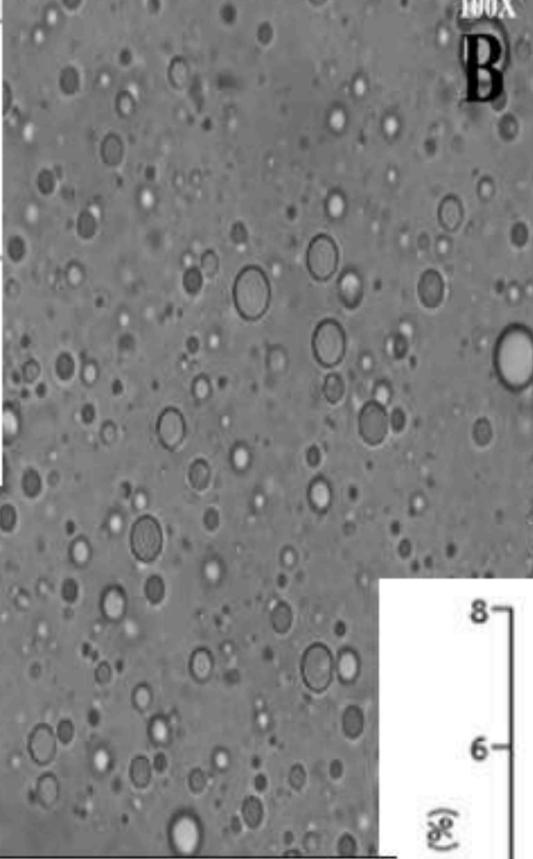
Caracterización

- % humedad
- Actividad agua
- Color (CIE L*a*b*)
- Sólidos solubles
- Equivalentes retinol

Textura

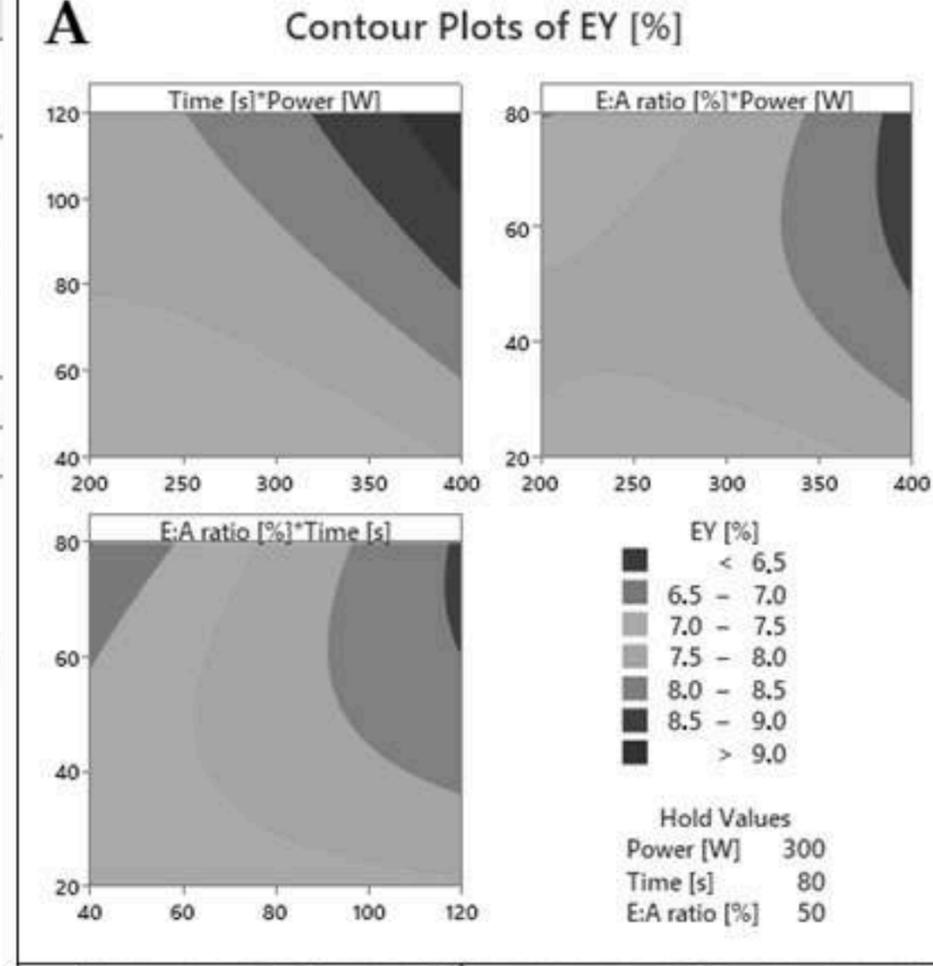
- T.A. HDplusC
- Cilindro plano 35mm
- Dos ciclos compresión
 - Dureza
 - Cohesividad
 - Gomosidad
 - Masticabilidad

at (at DS, %)	
(0)	7.06 (0.10)
(-1)	7.25 (0.12)
(+1)	7.07 (0.09)
(0)	7.86 (0.78)
(-1)	7.19 (0.01)
(+1)	6.44 (0.06)
(-1)	7.44 (0.02)
(+1)	8.36 (0.09)

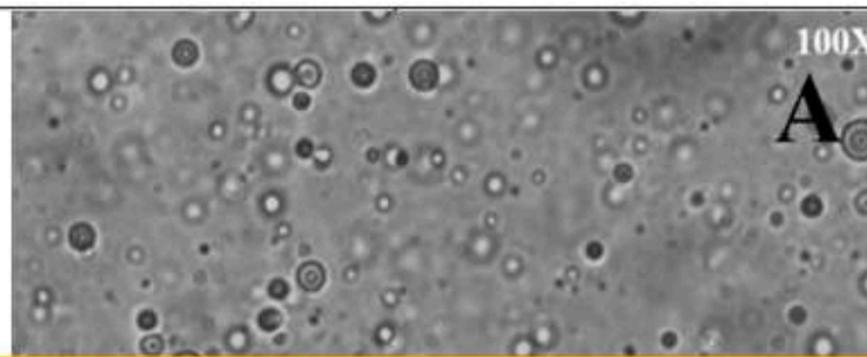
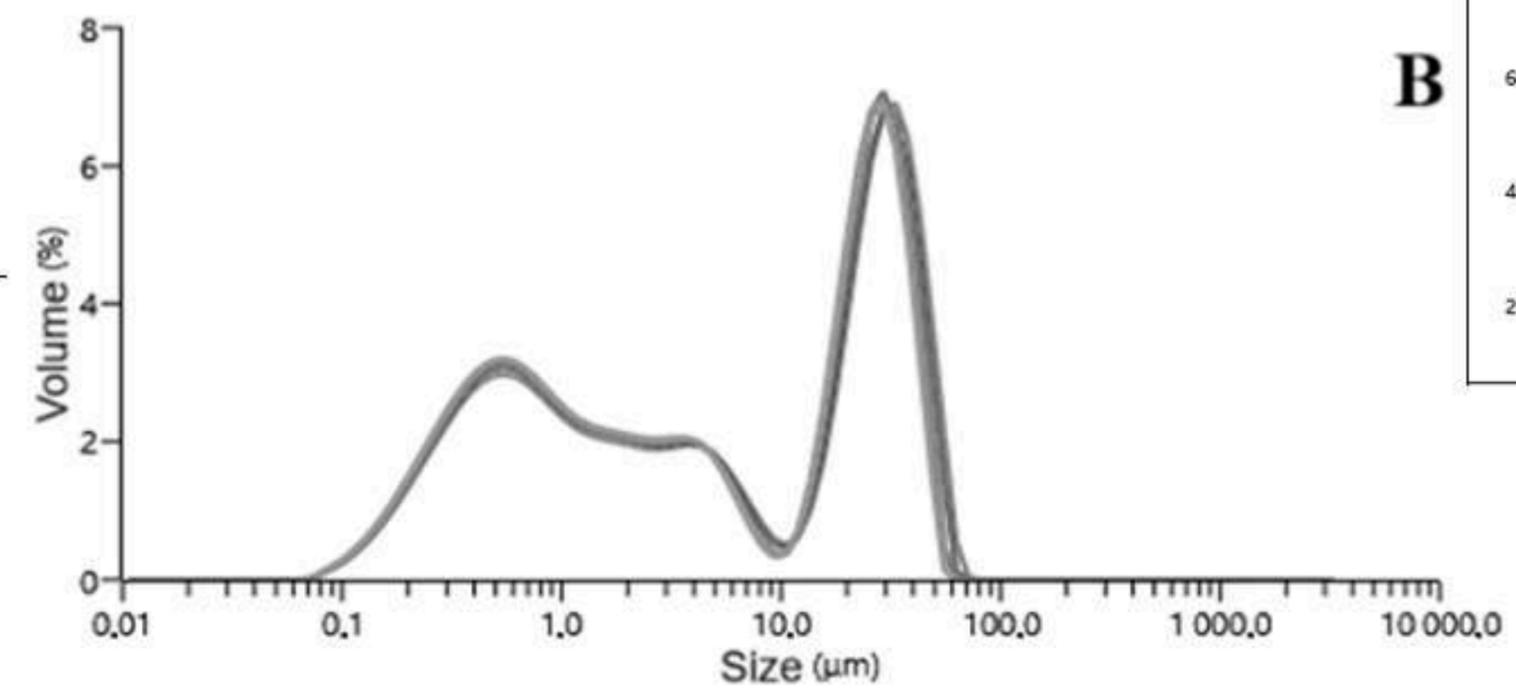
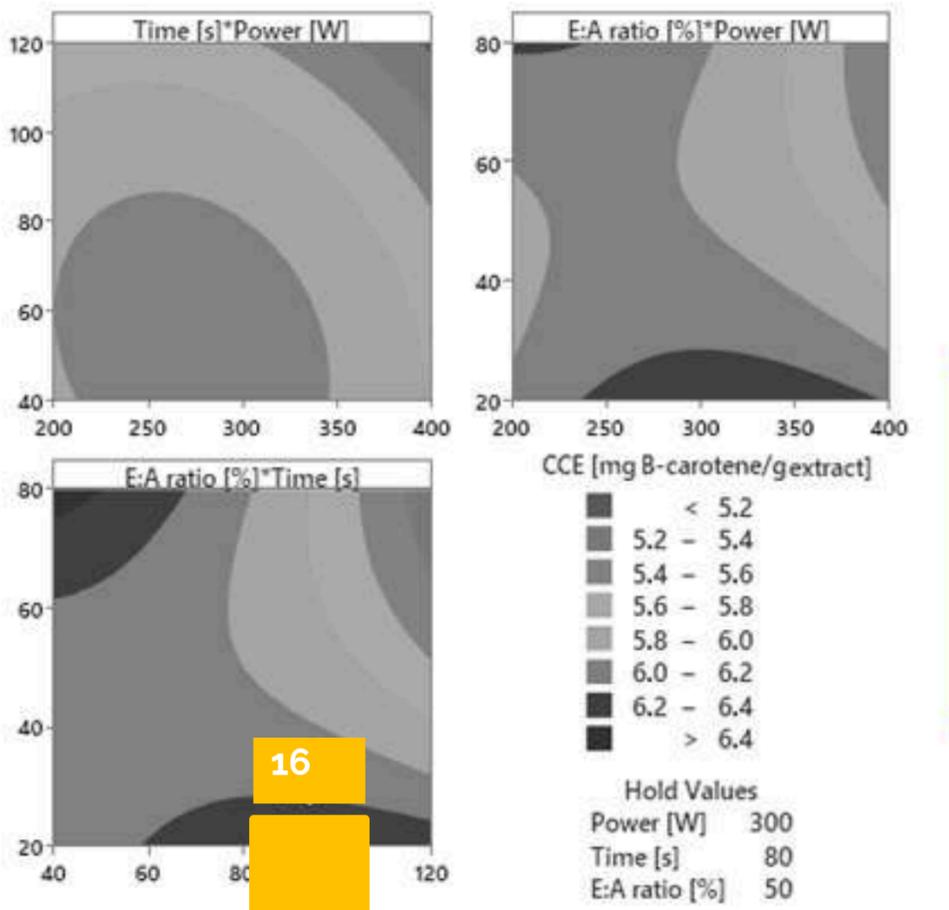


Propiedad	Gomitas control	Gomitas enriquecidas
Humedad (%)	17.40 (0.31)*	16.41 (0.27)*
Actividad agua	0.74 (0.01)	0.74 (0.01)
Color		
L* (Luminosidad)	44.9 (0.2)*	43.7 (0.5)*
a* (- Verde, + Rojo)	4.2 (0.1)*	5.3 (0.3)*
b* (- Azul, + Amarillo)	17.9 (0.4)*	19.3 (0.4)*
ΔE		2.16 (0.21)
Sólidos solubles (°Brix)	75.83 (0.95)	75.33 (0.58)
Equivalentes retinol (μg ER/100 g)		89.84

Los valores entre paréntesis son desviaciones estándar. Los pares de valores con * significan que mostraron diferencias significativas según la prueba t de Student. n=3



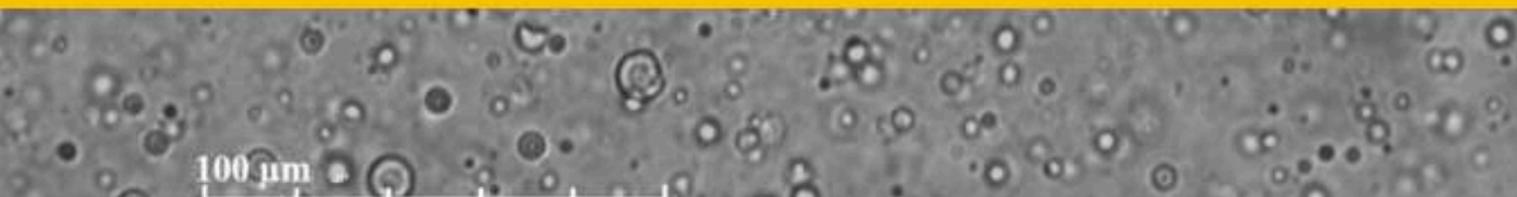
C Contour Plots of CCE [mg B-carotene/g extract]



Resultados

3.2

5		40 (-1)	20 (-1)	7.19
6	300	40 (-1)	80 (+1)	6.44
7	(0)	120 (+1)	20 (-1)	7.44
8		120 (+1)	80 (+1)	8.36



Gráfica de contornos

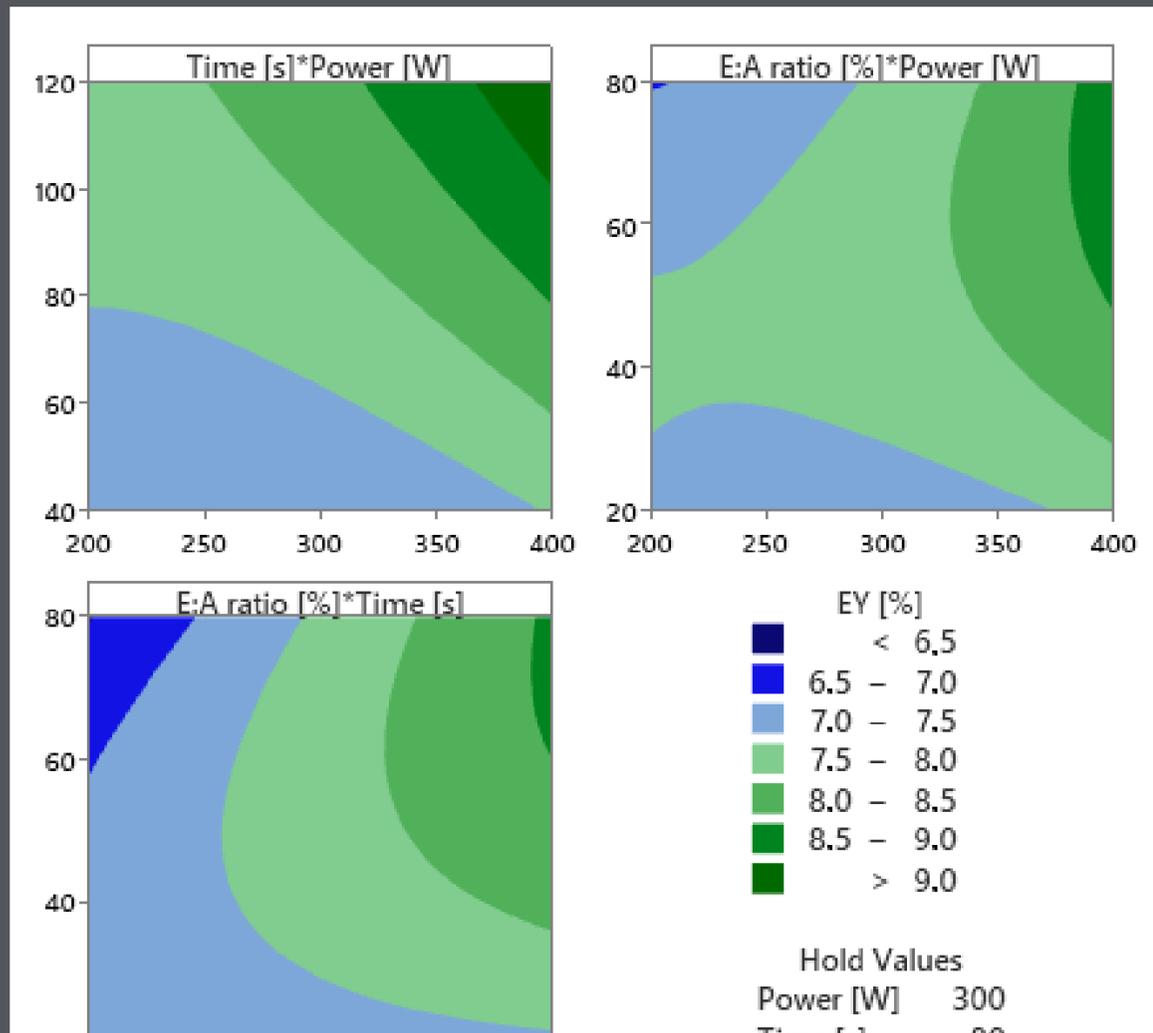


Figura 1. Gráfica de contorno para la variable de respuesta CCE.

3.1

Resultados: Minitab y extracción

- Elevar la potencia incrementa el rendimiento.
- La extracción prolongada aumenta el rendimiento.
- Usar mayor concentración de etanol permite obtener mejor rendimiento.
- El etanol extrae otros componentes (azúcares)
- El valor más alto se obtuvo con 400W, 120 s y 50% etanol: acetato etilo (**9.51%**).

Gráfica de contornos

- Para una potencia aproximada de 300 W se puede obtener más carotenoides en el extracto.
- Al disminuir el tiempo de extracción se aumentan los carotenoides en el extracto.
- Se presenta forma de silla, con lo cual, se consiguen valores más altos con 20% y con 80% de etanol: acetato etilo.
- El valor más alto de extracción se obtuvo con 300 W, 40 s y 80% etanol: acetato etilo (**6.58 mg β -caroteno/g extracto**).

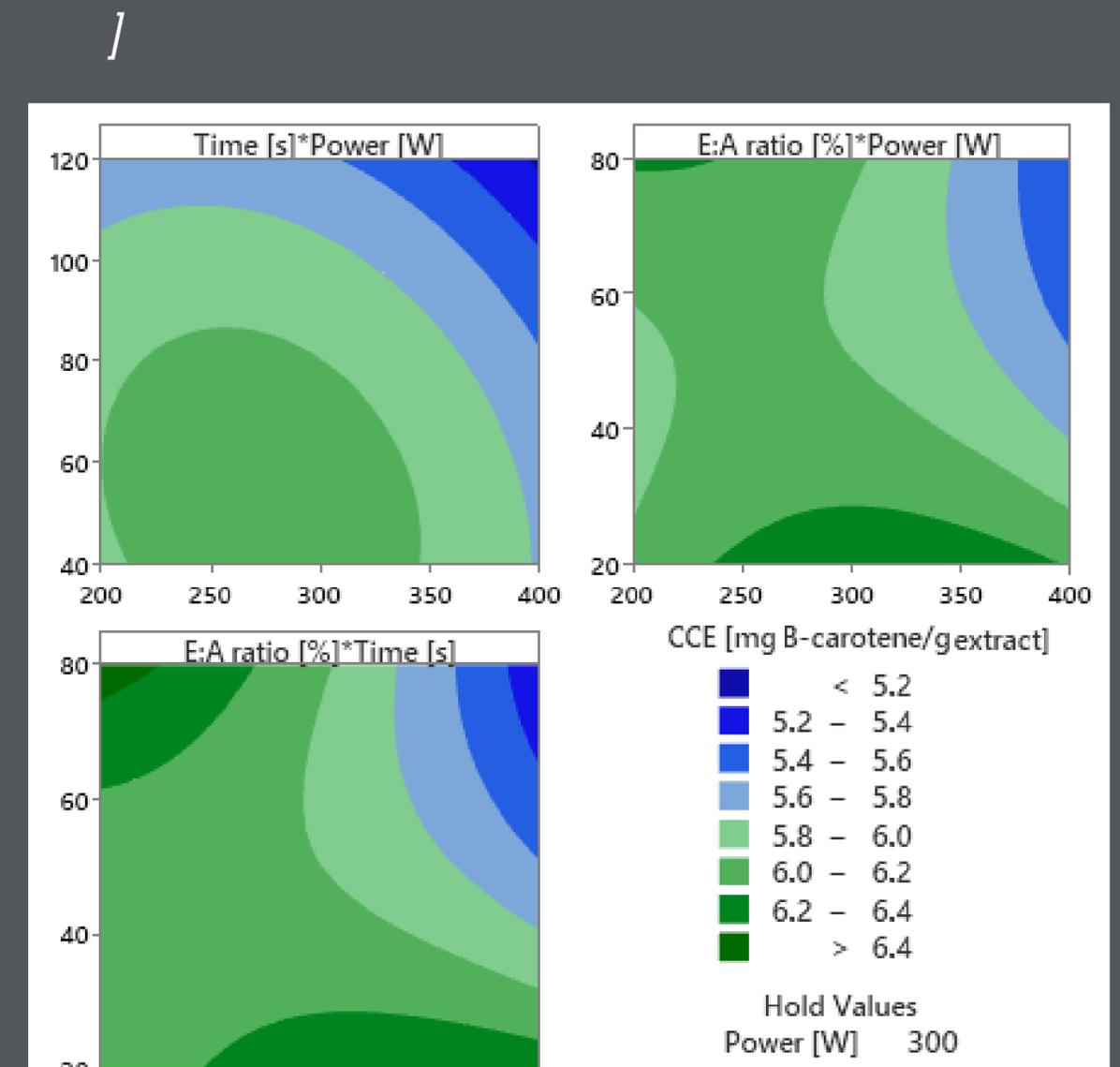


Figura 2. Gráfica de contorno para la variable de respuesta CCE

Gráfica de contornos

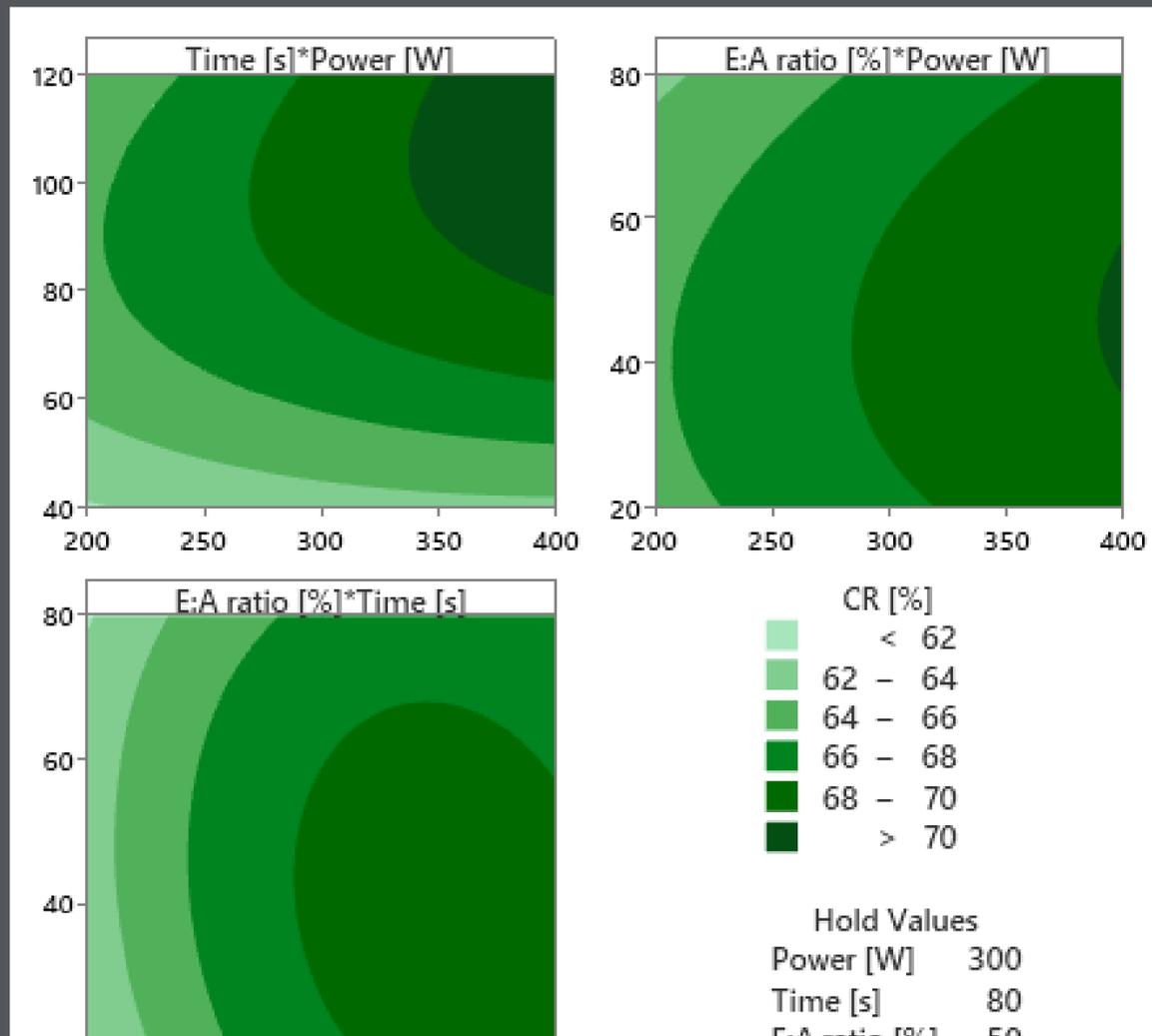


Figura 3. Gráfica de contorno para la variable de respuesta RC.

3.1

Resultados : Minitab y extracción

- El incremento en la potencia aumenta la recuperación.
- Alrededor de los 100s se da la mejor recuperación.
- Una relación 50% etanol:acetato etilo permite una recuperación más elevada.
- La mayor recuperación se obtuvo con 400 W, 120 s y 50% etanol: acetato etilo (**72,06%**).

Optimización

- Se optimizaron las condiciones que maximizaban variables de respuesta: CCE y %RC.

Tabla 1: Optimización de las 3 variables de respuesta.

	Potencia [W]	Tiempo [s]	Relación etanol:acetato etilo [%]	RE [%] esperado	CCE [mg b-caroteno/g extracto] esperado	RC [%] esperado	Deseabilidad
RE [%] (A)	400	120	80	10,01	-	-	1
CCE [mg b-caroteno/g extracto] (B)	222	40	80	-	6.62	-	1
RC [%] (C)	400	112	41	-	-	71.77	0.97
(A x B)	400	119	20	8.12	6.10	-	0.56
(A x C)	400	120	53	9.51	-	71.45	0.97
(B x C)	364	105	20	-	6.29	70.21	0.81
(A x B x C)	400	117	20	8.09	6.12	71.16	0.69

- La validación experimental resultó en valores más bajos, pero dentro del rango de la deseabilidad.

3.1 Resultados : Emulsión

Mastersizer emulsión

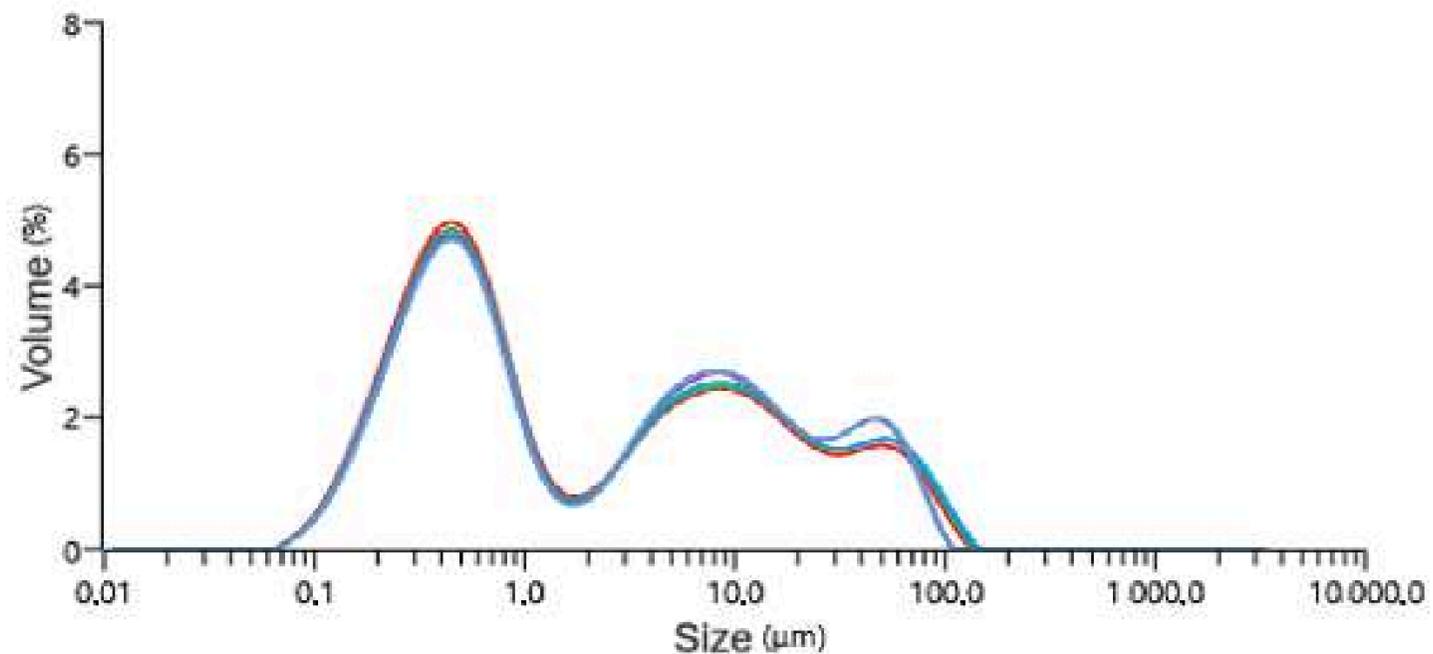


Figura 4. Distribución en volumen de tamaño de gota emulsión.

Dv50: 1.25 µm

Distribución heterogénea

Macroemulsión

Microscopio emulsión

No hay floculación.

La lecitina formó las estructuras lamelares correctamente.

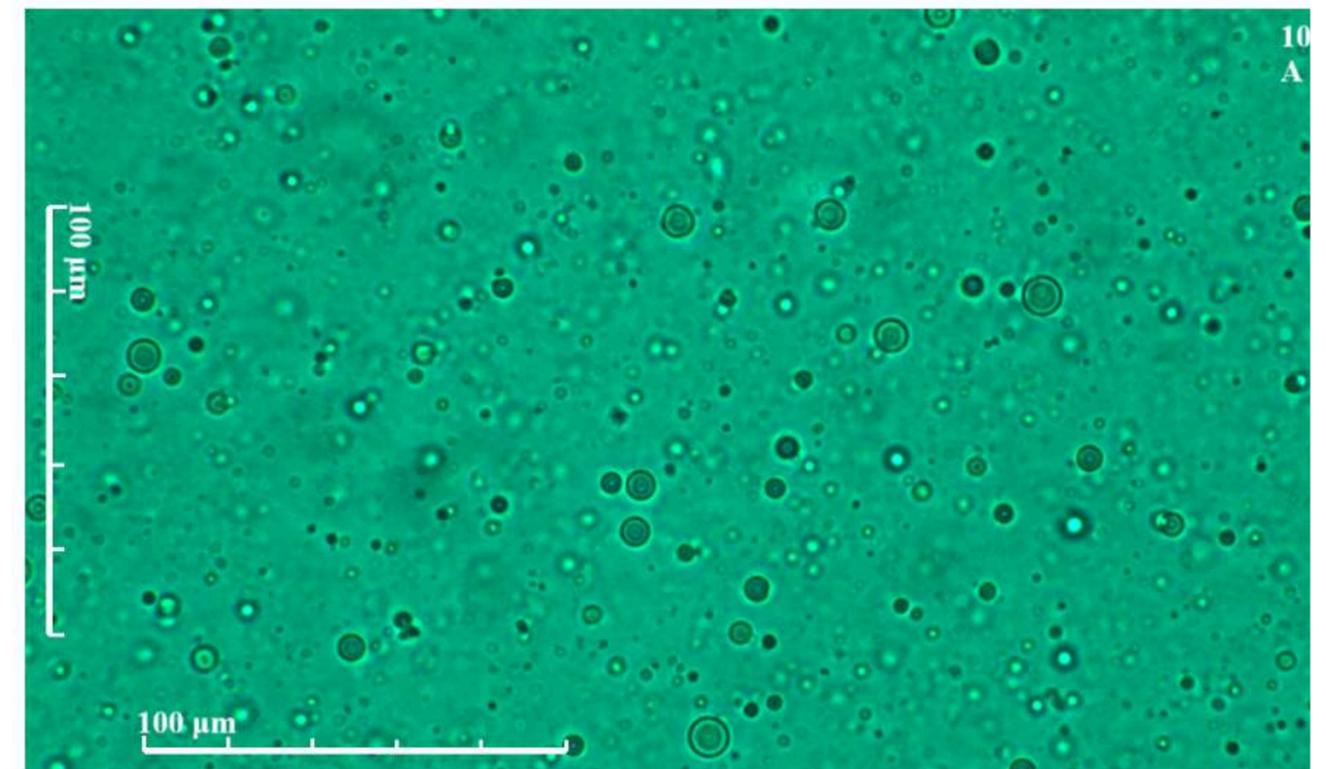


Figura 5. Micrografía emulsión.

3.1 Resultados: Encapsulado

Mastersizer encapsulado

Dv50: 3.97 μm
Distribución heterogénea

Macroemulsión

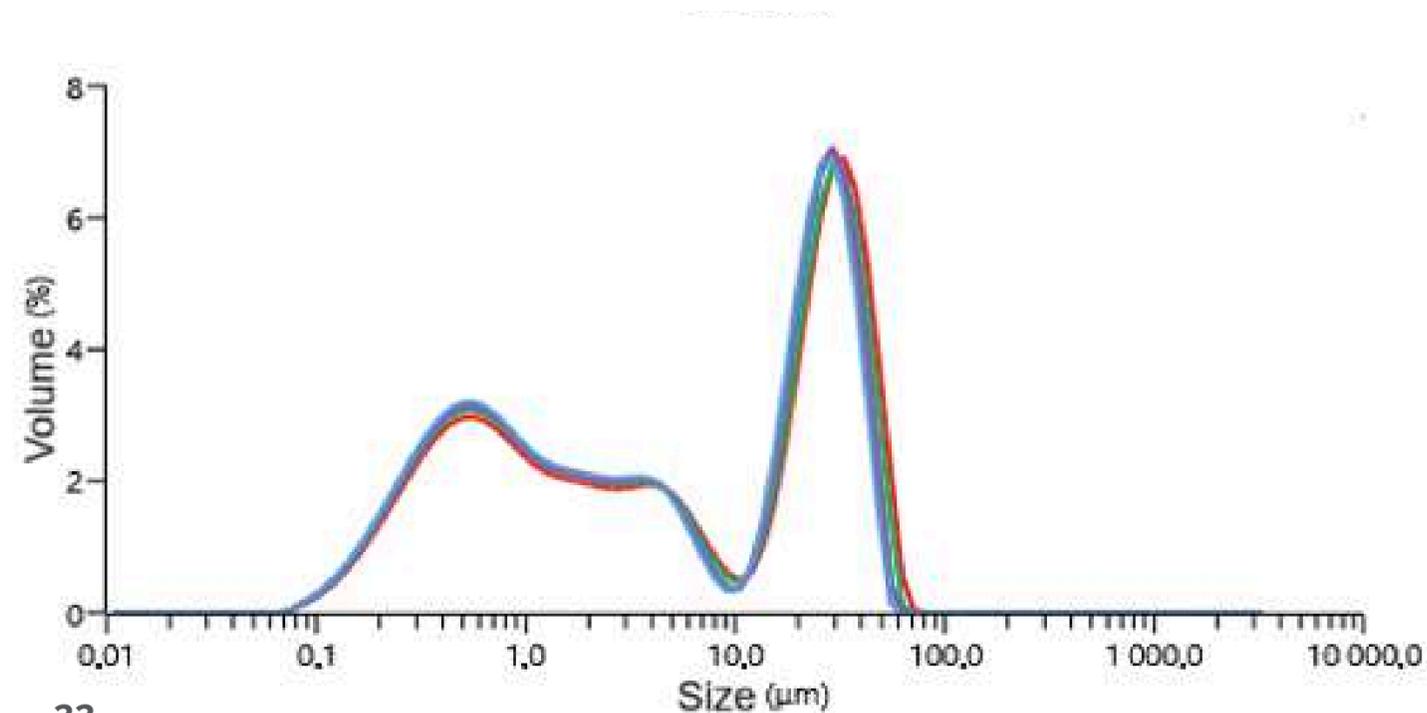


Figura 6. Distribución en volumen de tamaño de gota encapsulado.

Microscopio encapsulado

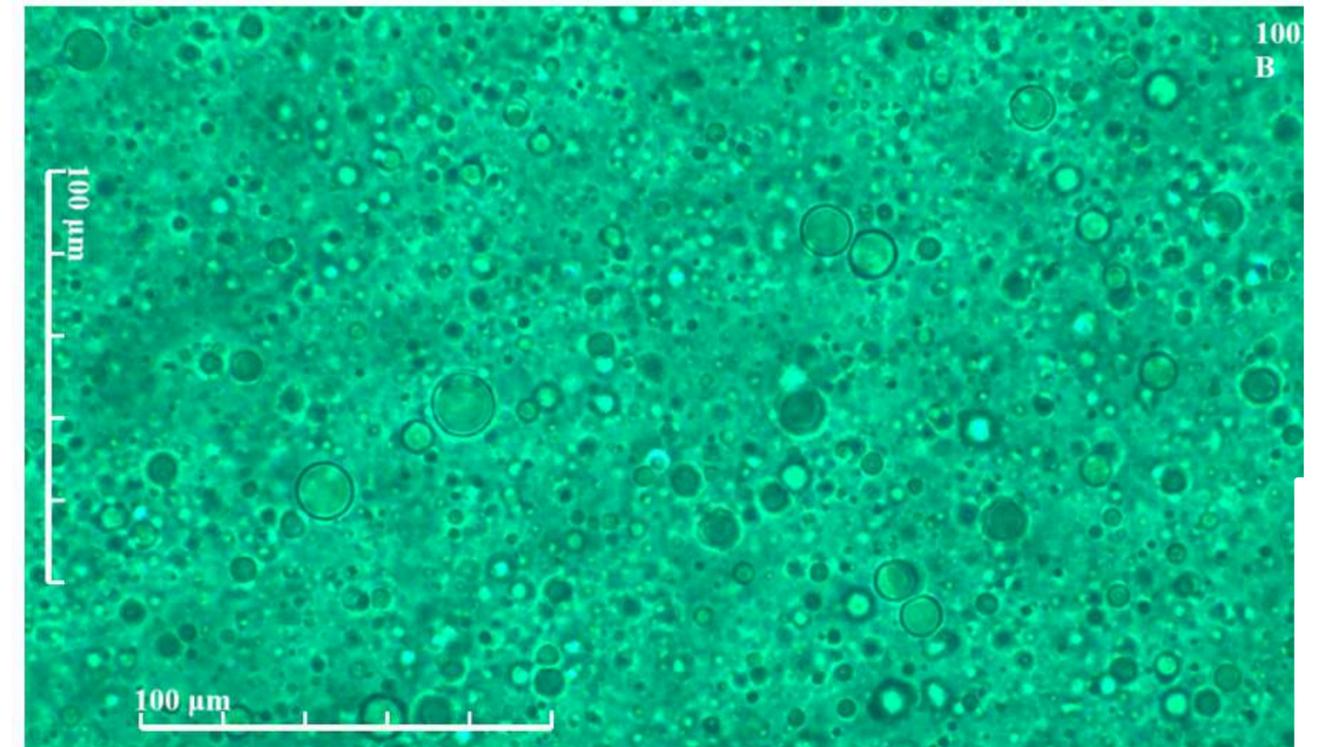


Figura 7. Micrografía encapsulado.

Los tamaños de gota coinciden con los resultados del Mastersizer.



3.1

Resultado

Tabla 2: Caracterización del encapsulado seco.

Propiedades	Encapsulado
Humedad (%)	2.49 ± 0.15
Actividad agua	0.36 ± 0.01
Rendimiento secado (%)	85.62 ± 0.47
Eficiencia encapsulación (%)	68.17 ± 1.68

Comparando contra el estudio de Petito [10]:

- El rendimiento de secado fue bajo aun cuando ellos tuvieron la misma formulación.
- La eficiencia de encapsulación fue más alta que la obtenida con otros materiales de pared
(Proteína de suero aislada, concentrada y caseinato de calcio)

A**Control**

Figura 8. Gomitas control

Resultados: Gomitas

3.1

Caracterización gomita

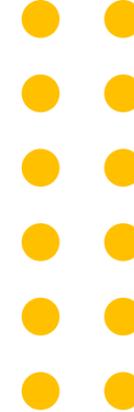
- **Humedad:** A 17.4% B 16.4%
- **Actividad de agua:** 0.74 para A y B
- **Sólidos solubles:** 75.6 °Brix
- **Colorimetría:** el encapsulado opaca el producto y genera tonos amarillentos y rojizos
- **Equivalentes retinol:** 89.8 μg ER/100g, lo que representa un 11.2% del VDR. **Res. 810 de 2021.**

Textura

- No hay efecto en la textura por adicionar el encapsulado.
- **Dureza:** (A) 293.72N (B) 316.35N
Gomosidad: (A) 186.75N (B) 211.67 N
Masticabilidad: (A) 933.76mJ (B) 1058.36mJ
- En comparación con Delgado y Bañon, las gomas realizadas son menos firmes y más fáciles de masticar [11].

B**Enriquecido**

Figura 9. Gomitas enriquecidas



Conclusiones

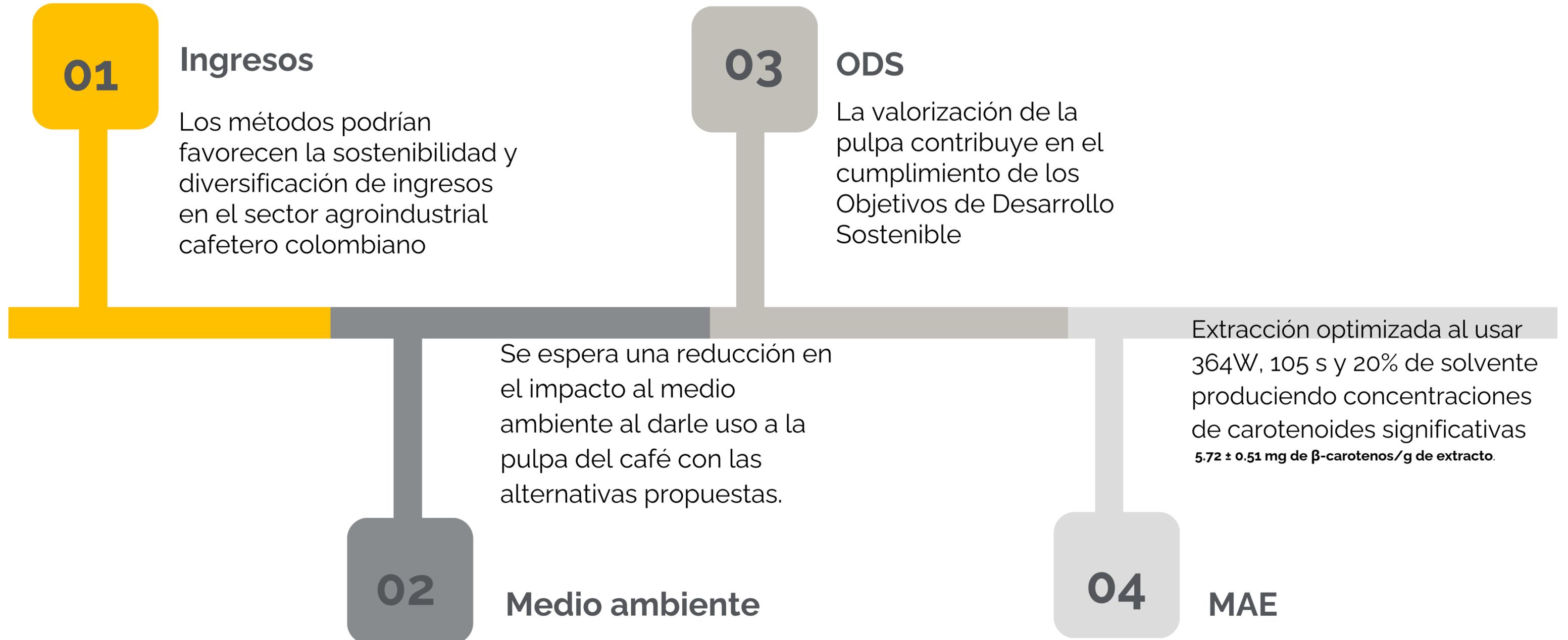
Conclusiones

Conclusiones

Conclusiones



5 Conclusiones



5 Conclusiones

Encapsulado

05

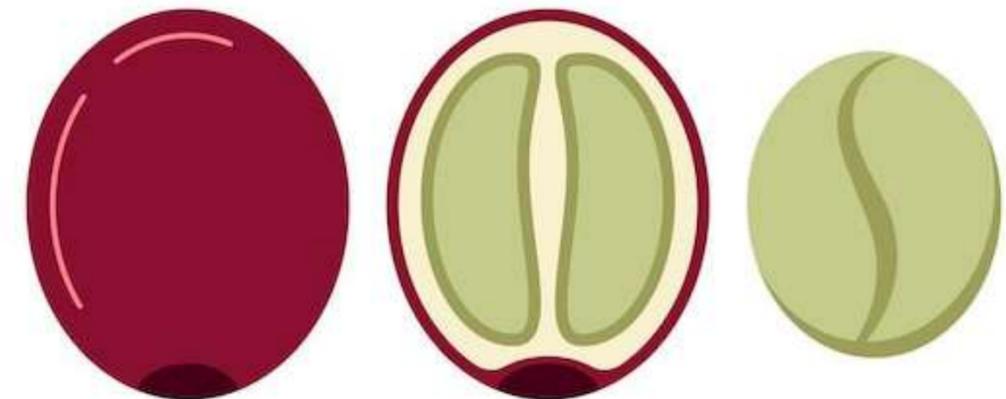
Se logró proteger el aceite enriquecido con carotenoides, con un tamaño adecuado de gota y una eficiencia de encapsulación de más del **68%**.



Las gomitas enriquecidas contenían **89.84 µg de RE/100 g**, proporcionando el **11.2%** del VDR de vitamina A por cada 100 gramos.

Gomas enriquecidas

06





Referencias

- [1] A. Orús, "Principales productores de café del mundo en 2023", Statista. Consultado: el 28 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/600243/ranking-de-los-principales-productores-de-cafe-a-nivel-mundial/>
- [2] Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, "Estadísticas Cafeteras", Federación Nacional de Cafeteros. Consultado: el 28 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://federaciondecafeteros.org/wp/estadisticas-cafeteras/>
- [3] R. Cervantes Beyra, I. Castro-Lizazo, M. A. Mesa Pérez, A. Ocampo Ramírez, D. Fernández Valdés, y D. Fernández Valdés, "Efecto de la pulpa de Coffea arabica L. sobre la microflora de tres unidades de suelos", Revista de Protección Vegetal, vol. 30, núm. 2, pp. 115–122, ago. 2015.
- [4] Y. Fernández-Cortés, K. D. Sotto-Rodríguez, L. A. Vargas-Marín, Y. Fernández-Cortés, K. D. Sotto-Rodríguez, y L. A. Vargas-Marín, "Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados", Producción + Limpia, vol. 15, núm. 1, pp. 93–110, jun. 2020, doi: 10.22507/pml.v15n1a7.
- [5] V. E. De la Cruz Torres, "El aprovechamiento de residuos de café como solución sostenible", Derecho del Medio Ambiente. Consultado: el 28 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://medioambiente.uexternado.edu.co/el-aprovechamiento-de-residuos-de-cafe-como-solucion-sostenible/>
- [6] Investing, "Futuros Precio del Café C EE.UU (KCK3)", Investing.com Español. Consultado: el 28 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.investing.com/commodities/us-coffee-c>
- [7] E. Rojas-Orduña, M. Hernández-Carrión, J.-D. Gómez-Franco, C.-E. Narváez-Cuenca, y A. D. P. Sánchez-Camargo, "Utilization of Red and Yellow Coffea arabica var. Caturra Pulp: Macronutrient Analysis, Carotenoid Extraction, and Encapsulation for Dairy Product Enrichment", Frontiers in Nutrition, vol. 10, p. 14, sep. 2023, doi: 10.3389/fnut.2023.1231049.



Referencias



Universidad de
los Andes
Colombia

Departamento de
Ingeniería Química
y de Alimentos

- [8] A. Pua et al., "A systematic study of key odourants, non-volatile compounds, and antioxidant capacity of cascara (dried *Coffea arabica* pulp)", *LWT*, vol. 138, p. 110630, mar. 2021, doi: 10.1016/j.lwt.2020.110630.
- [9] A. K. Biswas, J. Sahoo, y M. K. Chatli, "A simple UV-Vis spectrophotometric method for determination of β -carotene content in raw carrot, sweet potato and supplemented chicken meat nuggets", *LWT - Food Science and Technology*, vol. 44, núm. 8, pp. 1809–1813, oct. 2011, doi: 10.1016/j.lwt.2011.03.017.
- [10] N. D. L. Petito, J. M. Devens, D. Q. Falcão, F. M. L. Dantas, T. S. Passos, y K. G. D. L. Araujo, "Nanoencapsulation of Red Bell Pepper Carotenoids: Comparison of Encapsulating Agents in an Emulsion Based System", *Colorants*, vol. 1, núm. 2, pp. 132–148, abr. 2022, doi: 10.3390/colorants1020009.
- [11] P. Delgado y S. Bañón, "Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties", *CyTA - Journal of Food*, vol. 13, núm. 3, pp. 329–335, jul. 2015, doi: 10.1080/19476337.2014.974676.
- [12] A. L. Sales et al., "Intracellular Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects and Bioactive Profiles of Coffee Cascara and Black Tea Kombucha Beverages", *Foods*, vol. 12, núm. 9, p. 1905, may 2023, doi: 10.3390/foods12091905
- [13] Vantage Market Research, "Global Kombucha Market Size & Share to Surpass \$11.2 Billion by 2030 | Vantage Market Research", Yahoo Finance. Consultado: el 8 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://finance.yahoo.com/news/global-kombucha-market-size-share-073600467.html>
- [14] Grand View Research, "Kombucha Market Size, Share & Trends Report, 2022-2030", Market Analysis Report. Consultado: el 4 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/kombucha-market>



Agradecimientos





Gracias por
SI