

DESARROLLO DE UN JUGO DE REMOLACHA (*BETA VULGARIS L.*)

*Isela Carballo-Pérez*¹, Anier Campos-Muiño¹, José Luis Rodríguez-Sánchez^{1,2}, Yilian Natacha Montalván¹,
Margarita Núñez de Villavicencio¹ y Lisandra Álvarez-Romero¹.*

*Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carretera al Guatao km 3 ½,
CP 192000, La Habana, Cuba. Email: isela@iiaa.edu.cu*

²Dpto. Alimentos. Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, CP 13600, Cuba.

Recibido: 02-04-2024 / Revisado: 15-04-2024 / Aceptado: 25-04-2024 / Publicado: 31-08-2024

RESUMEN

La remolacha (*Beta vulgaris L.*) es una hortaliza de uso versátil y su consumo como vegetal o en jugo aporta beneficios nutricionales ya que es rica en compuestos antioxidantes, minerales y vitaminas del complejo B. El objetivo del trabajo fue la formulación de un jugo a partir de pulpa de remolacha. Se empleó el diseño de mezcla tipo I-Optimal de tres componentes (pulpa de remolacha, azúcar y agua) y como variable de respuesta se seleccionó la aceptación sensorial. La formulación óptima fue caracterizada mediante determinaciones químicas y sensoriales. La aceptación del

producto se evaluó con 90 consumidores potenciales mediante una escala hedónica de 9 puntos. La formulación óptima presentó como características: 12 °Brix de sólidos solubles, acidez 0,35 % y pH 4,0, el contenido de betalaínas fue de 30,5 mg/ L. La aceptación poblacional fue satisfactoria, el mayor porcentaje de mención estuvo entre las categorías de nivel de agrado de “me gusta” y “me gusta mucho”.

Palabras clave: remolacha, jugo, optimización

ABSTRACT

Development of a beetroot juice (*Beta vulgaris* L.).

Beetroot (*Beta vulgaris* L.) is a versatile vegetable and its consumption as a vegetable or juice provides nutritional benefits since it is rich in antioxidant compounds and B vitamins, therefore the aim of this study was to formulate a juice from beet pulp. The I – Optimal mixture design of three components was used (beet pulp, sugar and water) and sensory acceptance was selected as response variable. The optimal formulation was characterized by chemical and sensory determinations and the product acceptance was evaluated with 90 potential consumers using a 9-point hedonic scale. The optimal formulation had the succeeding characteristics 12 °Brix of soluble solids, 0,35 % acidity, pH 4,0 and a betalain content of 30,5 mg/L. Population acceptance was satisfactory, the biggest mention percentage was among the categories of level of pleasure of “I like it” and “I like it a lot.”

Keywords: beetroot, juice, optimization

INTRODUCCIÓN

El consumo de jugos de frutas y vegetales es muy beneficioso para la salud, ya que son ricos en vitaminas (A, C, complejo B), minerales (potasio, magnesio, hierro), compuestos antioxidantes y fibra alimentaria (1). Ayudan a fortalecer el sistema inmunológico, mejorar la digestión y pueden contribuir a regular el peso corporal cuando se consumen en una dieta equilibrada (2). La tendencia actual muestra un crecimiento de su consumo impulsada por la búsqueda de opciones más saludables y naturales (3).

La remolacha (*Beta vulgaris* L.) es reconocida por su dulzura, pero además es un vegetal rico en minerales y vitaminas, así como de una variada gama de “fitoquímicos” entre los que se puede mencionar los carotenoides, las saponinas, las betalaínas, los polifenoles entre otros. Investigaciones realizadas han informado su efectividad para reducir la

presión arterial y la disminución del colesterol sanguíneo y más reciente su actividad hipoglucémica (4).

El consumo de remolacha fresca en Cuba es relativamente común. Se emplea en una variedad de recetas incluyendo ensaladas, sopas cremas y postres, sin embargo, a pesar de que es ampliamente consumida en diferentes formas culinarias, el jugo de remolacha no se ha llegado a industrializar, considerando el aporte de nutrientes y sus potenciales beneficios a la salud. En el trabajo se trazó como objetivo: desarrollar un jugo a partir de pulpa de remolacha.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la elaboración del jugo de remolacha se emplearon las siguientes materias primas:

- Remolacha roja procedente de la UEB “Héroes de Yaguajay” provincia Artemisa.
- Azúcar refinado
- Ácido cítrico

La pulpa de remolacha se obtuvo a escala piloto en las instalaciones de la planta piloto de la Dirección Vegetales del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA) siguiendo las siguientes etapas: lavado y desinfección, cocción para ablandar, troceado y triturado, homogeneización en molino coloidal, pasteurización y envasado. La pulpa obtenida se le determinó el porcentaje de sólidos solubles (5), porcentaje de acidez (6) y pH (7).

Para optimizar la formulación del jugo de remolacha se seleccionó el diseño de mezcla tipo I – Optimal de tres componentes: componente 1 % en masa de pulpa de remolacha (10 – 20 %); componente 2 % en masa de sacarosa (8,4 – 9,2) y componente 3: % en masa de agua (71,1 – 81,6) con la condición que el contenido de sólidos solubles de la mezcla fuera 12 °Brix. La variable de respuesta, la aceptación sensorial. La matriz experimental se presenta en la Tabla 1.

Las corridas experimentales se realizaron a escala de laboratorio, 2 kg de cada corrida, mezclando manualmente la pulpa de remolacha y la sacarosa en agua según las proporciones indicadas en la matriz experimental, con la adición 0,1 % en masa de ácido cítrico como aditivo regulador de la acidez (8). Seguidamente fue homogeneizada en el molino coloidal, filtrada, pasteurizada a 95 °C durante cinco minutos y envasada en caliente en frascos de vidrio de 280 mL de capacidad con tapa de rosca.

Tabla 1. Matriz del diseño I-Optimal de tres componentes

Corrida	Componente	Componente	Componente
	1	2	3
	A: Remolacha	B: Sacarosa	C: Agua
1	14,2	8,8	77,0
2	16,1	8,4	75,5
3	15,0	9,2	75,8
4	11,6	8,4	80,0
5	10,0	8,4	81,6
6	20,0	8,9	71,1
7	14,2	8,8	77,0
8	14,2	8,8	77,0
9	10,0	9,1	80,9
10	14,3	8,8	77,0
11	16,5	9,2	74,3
12	20,0	8,9	71,1
13	10,0	9,1	80,9
14	18,5	8,4	73,1
15	12,6	9,1	78,3
16	17,5	9,2	73,3

La evaluación sensorial a escala piloto se realizó con 25 consumidores habituales de jugos de frutas, utilizando la escala hedónica de 9 puntos (1 “me disgusta extremadamente”; 5 “ni me gusta ni me disgusta”; 9 “me gusta extremadamente”). Las muestras codificadas fueron servidas frías (12 - 14 °C) en vasos plásticos desechables. Como

líquido de enjuague se empleó agua potable para evitar los efectos indeseados de sabores residuales entre las muestras.

La formulación seleccionada del proceso de optimización se le realizó las determinaciones de por ciento de sólidos solubles (5), porcentaje de acidez (6) y pH (7) y contenido de betalaínas según el método espectrofotométrico propuesto por Stintzing y col (9). Las concentraciones de betacianina y betaxantina se calcularon de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Betacianina (mg/L)} = [(A_{536} - A_{700}) \times \text{FD} \times 550 \text{ g/mol} \times 1000] / ((60000 \text{ L/mol} \cdot \text{cm}) \times l)$$

$$\text{Betaxantina (mg/L)} = [(A_{480} - A_{700}) \times \text{FD} \times 308 \text{ g/mol} \times 1000] / ((48000 \text{ L/mol} \cdot \text{cm}) \times l)$$

Donde: A es el valor de la absorbancia a las longitudes de onda 480, 536 y 700 nm; FD el factor de dilución; 550 g/mol y 308 g/mol son las masas molares de la betacianina y betaxantina respectivamente; 60000 L/mol·cm y 48000 L/mol·cm son los coeficientes de absortividad molar de la betacianina y la betaxantina respectivamente; *l* el paso óptico de la cubeta (1 cm).

La concentración total de betalaínas se estimó como la suma de las concentraciones de betaxantinas y betacianinas presentes.

La caracterización sensorial del jugo de remolacha se realizó con siete evaluadores entrenados los cuales describieron los atributos: apariencia, olor, sabor y textura y, además, se aplicó la prueba de aceptación poblacional a 90 consumidores potenciales (10), que calificaron su grado de satisfacción mediante el uso de la escala hedónica de nueve puntos.

El análisis estadístico de los resultados del diseño de mezcla I – Optimal se realizó con el programa estadístico Design-Expert versión 12. El modelo obtenido fue evaluado en su significación estadística ($p < 0,05$), el coeficiente de determinación (R^2) y la prueba de falta de ajuste. La optimización se efectuó empleando el método de optimización

de múltiples respuestas, mediante la función de conveniencia (11).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características químicas de la pulpa de remolacha obtenida en la Planta de Vegetales se muestran en la Tabla 2. Los resultados son similares a lo informado por la base de datos de composición de alimentos (12,13).

Tabla 2. Indicadores químicos de la pulpa de remolacha

	% Sólidos Solubles	pH	% acidez
Pulpa de remolacha	5,5 (0,2)	4,7 (0,1)	0,076 (0,4)

^a expresada en ácido cítrico. Los valores informados corresponden al promedio y entre paréntesis la desviación estándar (n = 3).

En la Tabla 3 se informa los resultados del grado de aceptación de las distintas formulaciones de acuerdo con la matriz experimental propuesta. Ninguna de las formulaciones del diseño fue rechazada ya que las calificaciones promedias fueron iguales o superiores a 5.

Tabla 3. Resultados de la evaluación sensorial de las formulaciones según el diseño I-Optimal

Corrida	Componente 1 A: Remolacha	Componente 2 B: Azúcar	Componente 3 C: Agua	Aceptación
1	14,3	8,8	77,0	7,3 (0,2)
2	16,1	8,4	75,5	7,2 (0,4)
3	15,0	9,2	75,8	7,5 (0,8)
4	11,6	8,4	80,0	6,2 (0,3)
5	10,0	8,4	81,6	4,6 (0,2)
6	20,0	8,9	71,1	8,0 (0,5)
7	14,3	8,8	77,0	6,5 (0,7)
8	14,3	8,8	77,0	6,5 (0,4)
9	10,0	9,1	80,9	4,7 (0,2)
10	14,3	8,8	77,0	7,4 (0,6)
11	16,5	9,2	74,3	7,3 (0,8)
12	20,0	8,9	71,1	7,8 (0,1)
13	10,0	9,1	80,9	4,9 (0,3)
14	18,5	8,4	73,1	7,5 (0,5)
15	12,6	9,1	78,3	7,0 (0,1)
16	17,5	9,2	73,3	7,4 (0,2)

Un polinomio cuadrático fue la solución matemática que involucra las variables seleccionadas con la aceptación sensorial de las distintas formulaciones de néctares mixtos, según indica del análisis de varianza resumido en la Tabla 4. Los términos lineales son estadísticamente significativos y solo la combinación de componentes AC (pulpa de remolacha

– agua) fue significativa. En cuanto a la calidad de pronosticar del modelo cuadrático se puede afirmar que es satisfactoria ya que el coeficiente de determinación (R^2) fue superior a 0,9, la prueba de falta de ajuste no resultó significativa y los residuos estandarizados siguen la distribución normal.

Tabla 4. Resumen del análisis de varianza del modelo cuadrático de superficie de respuesta para la aceptación sensorial del jugo de remolacha

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Valor p
Modelo cuadrático	15,96	5	3,192	18,45	<0,0001
Componentes lineales	13,68	2	6,84	36,63	<0,0001
AB	0,032	1	0,032	0,186	0,675
AC	2,24	1	2,24	12,96	0,0048
BC	0,027	1	0,027	0,160	0,697
Residuales	1,73	10	0,173		
Error total	0,711	5	0,142		
Prueba falta de ajuste	1,01	5	0,203		0,331
R^2	0,902				

A continuación, se presenta el modelo matemático codificado considerando solamente los términos significativos:

$$\text{Aceptación sensorial} = 7,38A - 60,56B + 4,84C + 4,19AC$$

A: % en masa pulpa de remolacha, B: % en masa sacarosa y C: % en masa agua.

Es importante destacar que el único término del modelo matemático que no contribuye a la aceptación sensorial fue el porcentaje de sacarosa, además de presentar un alto valor del

coeficiente. Esto indica la necesidad de un control riguroso del azúcar añadido durante la elaboración del jugo de remolacha. Como resultado de la optimización numérica para determinar la combinación de componentes del jugo que maximizara su aceptación se obtuvo que esta se cumple cuando se emplean 18,2 % en masa de pulpa de remolacha, 8,9 % en masa de sacarosa y 72,7 % en masa de agua; formulación que le correspondería la calificación de aceptación sensorial de 7,7 con un valor de 0,85 para la función de conveniencia.

Los resultados de los análisis químicos del jugo de remolacha se presentan en la Tabla 5. Tanto los valores de acidez y pH de la formulación del jugo de remolacha cumplen con las especificaciones de la NC 903 (14). En cuanto al contenido de betalaínas, este resultó inferior en comparación con lo informado por otros investigadores con valores cercanos a 100 mg/L (15). Tal diferencia pudiera estar dada por varios factores: la variedad de remolacha, la proporción de pulpa de remolacha en la formulación y al tratamiento térmico dado al producto; relacionado con este último factor, se ha reportado que el tratamiento térmico a 90 °C durante tres minutos contribuye a disminuir la concentración de betalaínas entre un 25 – 30 % de la concentración inicial (16).

Tabla 5. Características químicas de la formulación seleccionada

Índice de calidad	
Sólidos solubles (°Brix)	12,0 (0,3)
Acidez (% en masa ácido cítrico)	0,35 (0,04)
pH	4,0 (0,1)
Contenido de betalaínas (mg/L)	30,5 (0,2)

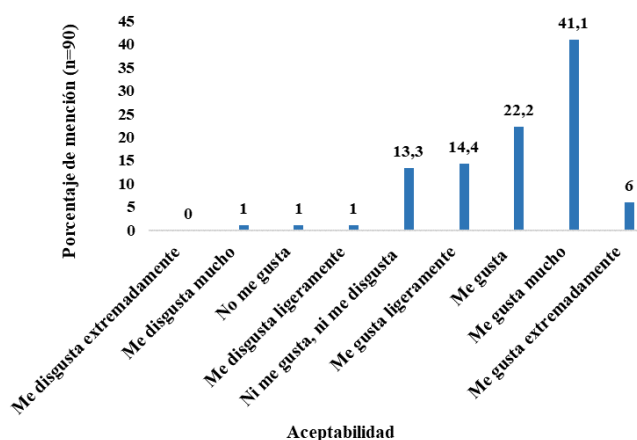
Los valores informados corresponden al promedio y entre paréntesis la desviación estándar (n = 3).

En cuanto a la evaluación sensorial, las características del jugo de remolacha descrita por los evaluadores se presentan en la Tabla 6.

En la Figura 1 se exponen los resultados de la prueba de aceptación poblacional realizada con los consumidores potenciales. Se observa, de manera general, que el jugo de remolacha desarrollado tiene una aceptación superior al 80 %, no obstante ser un tipo de jugo que nuestra población no tiene hábito de consumo.

Tabla 6. Atributos del jugo de remolacha

Atributos	Características
Apariencia	Líquido ligeramente turbio pero homogéneo, sin partículas extrañas
Olor	Típico al de la remolacha cruda, con nota ligeramente ácida
Sabor	Característico de la remolacha, presenta un adecuado equilibrio ácido-dulce
Textura	Fluido no viscoso, suave, sin arenosidad.



n-número de consumidores

Fig 1. Porcentaje de mención de cada categoría de nivel de agrado por parte de los consumidores que participaron en la prueba poblacional

CONCLUSIONES

Se propone una formulación de jugo de remolacha a partir de la pulpa con una aceptación poblacional satisfactoria como resultado de la aplicación de la metodología de superficie de respuesta que contribuirá a la ampliación del surtido de alimentos saludables e iniciar la industrialización de la remolacha.

REFERENCIAS

1. Slavin JL, Lloyd B. Health benefits of fruits and vegetables. Adv. Nutr. 2012; 3:506 –16.

2. Heinonen IM, Meyer AS. Antioxidants in fruits, berries and vegetables. En: Jongen W (Ed.). Fruit and vegetable processing. Improving quality. Ch. 3. Boca Raton: CRC Press LLC; 2002. pp. 23 – 51.
3. Data Bridge Market Research [homepage on the internet]. Mercado mundial de jugos de frutas envasados: tendencias de la industria y pronóstico para 2030. Disponible en:
4. <https://www.databridgemarketresearch.com/es/reports/global-packaged-fruit-juice-market>. Consultado en línea 26 septiembre 2024.
5. Varshney K., Mishra K. An analysis of health benefits of beetroot. *IJREM* 2022; 9:207 – 10.
6. NC ISO 2173. Productos de Frutas y Vegetales. Determinación del contenido de sólidos solubles. Método refractométrico. Cuba; 2001.
7. NC ISO 750. Productos de Frutas y Vegetales. Determinación de acidez valorable. Cuba; 2001.
8. NC ISO 1842. Productos de frutas y vegetales. Determinación de pH. Cuba; 2001.
9. Taylor B. Fruit and juice processing. Ashurst PR. (Ed.). 2nd ed. The chemistry and technology of soft drinks and fruit juices. Oxford, UK. Blackwell Publishing Ltd; 2005; pp. 33 – 67.
10. Stintzing FC, Schieber A, Carle R. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. *Eur. Food Res. Technol* 2003; 216: 303 – 11.
11. NC-ISO 11136. Análisis sensorial – Metodología– Guía general para la realización de pruebas hedónicas con consumidores en un área controlada. Cuba; 2021.
12. Derringer G, Suich R. Simultaneous Optimization of Several Response Variables. *J. Qual. Technol* 1980; 12: 214 – 19.
13. Tabla de composición de alimentos. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia; Ministerio de la Industria Alimenticia. La Habana. Cuba; 2006.
14. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville Human Nutrition Research Center. Food Data Central [Internet].
15. Disponible en: <https://fdc.nal.usda.gov/>. (Consultado en línea: 28 septiembre 2024)
16. NC 903. Jugos y néctares de frutas. Cuba; 2017.
17. Wruss J, Waldenberger G, Huemer S, Uygun P, Lanzerstorfer P, Müller U entre otros. Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juices prepared from seven beetroots varieties grown in upper Austria. *J Food Compos Anal* 2015; 42:46 – 55.
18. Paciulli M, Medina-Meza, IG, Chiavaro E, Barbosa-Cánovas, GV. Impact of thermal and high pressure processing on quality parameters of beetroot. *LWT Food Sci. Technol* 2016; 68:98 – 104.