

Edulcorantes de la Agroindustria panelera: productos naturales y nutritivos

Sweeteners from the Pana Agroindustry: natural and nutritious products

Edder Suarez-Castro¹ ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4854-3808>

Sandra Recalde-Luna^{2*} ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6174-0649>

Juan Zambrano-Bosquez² ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8831-3460>

María Cuzco-Cruz² ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2231-7626>

Jenny Quiñonez-Bustos² ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9196-1306>

Walter Quezada Torres³ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7852-5048>

Walter Quezada Moreno² ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1637-8767>

¹Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). Ecuador.

²Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil, Ecuador.

³Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil (UTEG)

*Autor correspondiente: sandra.recaldel@ug.edu.ec

Recibido: 27 febrero 2023

Aprobado: 05 mayo 2023

Publicado: 30 junio 2023

RESUMEN

La calidad, inocuidad y rendimiento de varios productos alimenticios, están influenciadas por el desarrollo de buenas prácticas agrícolas y de manufacturas, caso que aplica a los edulcorantes de la agroindustria panelera. El objetivo del trabajo fue valorar las debilidades que afectan al sector como el efecto de la calidad en el proceso, en especial por la clarificación, rendimiento en la producción de miel hidrolizada, pana y azúcar natural, y calidad subjetiva a través del color como medida de aceptación y rechazo. Metodológicamente, se identificó las debilidades del sector destacando aspectos tecnológicos, mercado, económicos, ambientales, agrícolas y de gestión. Se utilizó

un diagrama de proceso, como procedimiento de trabajo para establecer mejoras en las etapas de producción a través de estudios experimentales. Se concluye que, aplicando criterios de intensificación en la purificación del jugo al utilizar clarificadores naturales, diversificar y producir miel hidrolizada se alcanza mayor productividad por su rendimiento logrado. Además, el color como medida de aceptación o rechazo del edulcorante obtenido, donde se induce a fabricaciones con fines de calidad nutritiva, inocuidad, competitividad y sostenibilidad del sector.

Palabras Clave: Agroindustria panelera; calidad; edulcorantes; rendimiento



ABSTRACT

The quality, safety and performance of various food products are influenced by the development of good agricultural and manufacturing practices, which applies to sweeteners from the panela agro-industry. The objective of the work was to evaluate the weaknesses that reduce the sector as the effect of quality in the process, especially due to clarification, performance in the production of hydrolyzed honey, panela and natural sugar, and subjective quality through color as a measure of acceptance and rejection. Methodologically, the weaknesses of the sector were identified, highlighting technological, market, economic, environmental, agricultural and management aspects. A process diagram was produced as a work procedure to establish improvements in the production stages through experimental studies. It is concluded that, applying intensification criteria in the purification of the juice by using natural clarifiers, diversifying, and producing hydrolyzed honey, greater productivity is achieved due to its yield. In addition, the color as a measure of acceptance or rejection of the sweetener obtained, where manufactures are induced for purposes of nutritional quality, safety, competitiveness, and sustainability of the sector.

Key words: Panela agroindustry; quality; sweeteners; performance

1. INTRODUCCIÓN

La producción de caña de azúcar es un gran mercado que involucra en América Latina y el Caribe la existencia de cerca de 50000 trapiches que en conjunto vinculan a más de un millón de personas, y dentro de sus productos de comercialización y consumo el azúcar integral sin refinar en forma de bloque sólido, a nivel mundial se acerca a los 13 millones de toneladas anuales (Lagos-Burbano & Castro-Rincón, 2019).

La panela es conocida en el mundo con varios nombres o vernáculos según el país o región: Chancaca (Chile, Ecuador y Perú); Gur o Jaggery (India); Jaggery (Kenia) y Khandsari (Asia del Sur); Kokutou y kurozatou (Japón); Mascabado (Filipinas); Panela (Bolivia, Colombia, Honduras, Nicaragua, Panamá y otros); Papelón (Venezuela y algunos países de

Centroamérica); Piloncillo (México); Rapadura (Brasil y Cuba); tapa de dulce; Dulce Granulado (Costa Rica) (Codex, 2019). En la agroindustria panelera prevalecen actividades mas tradicionales que industriales, lo que afecta su desarrollo (Quezada et al., 2017), sin embargo, se hacen esfuerzos en mejoras tecnológicas en la producción de panela, azúcar natural y miel de caña, con fines comerciales, a pesar que las agroindustrias tienen altos efectos en términos de multiplicación de empleo y adición de valor nutritivo (Guerrero & Escobar, 2015; Quezada et al., 2016). Recientemente ha aumentado el número de estudios de investigación centrados sobre la modernización de las instalaciones productivas para la elaboración de azúcar sin refinar no centrifugado (UNCS) (Vera-Gutiérrez et al., 2019).

A pesar de que, los derivados de la agroindustria panelera son nutritivos y especialmente sobresalen aspectos de alto poder energético, ricos en aroma y sabor (Quezada et al., 2018), la falta de calidad, inocuidad, diversificación de la producción, valoración del rendimiento productivo y aprovechamiento de subproductos, son algunos de los problemas que ha generado su rezago. En un proceso manufacturero para obtener edulcorantes como azúcar no refinado en bloque, granulado o líquida para alcanzar calidad e inocuidad, requiere de procesos técnicos garantizados que permitan el posicionamiento del producto en el mercado (Flórez-Martínez et al., 2023). Para producir estos edulcorantes es necesario del manejo de buenas prácticas agrícolas en campo y de manufactura en fábrica, además de cuidados del producto hasta llegar al consumidor final. Después de la cosecha la materia prima pasa por operaciones unitarias como la extracción del jugo de la caña, limpieza y clarificación, hidrólisis en el caso de la miel, evaporación, concentración final y envasado. Todas las etapas del proceso son importantes para la calidad del producto final. Etapas de clarificación natural, concentración y punteo de jugos y, factores de pH, temperatura y tiempo del proceso inciden en la fabricación, donde se ponen de manifiesto características de calidad como la viscosidad, turbidez, brillo, color, sabor, olor y estabilidad (Quezada-Moreno et al., 2020; Sarkar et al., 2022).

Calidad e inocuidad, es un aspecto importante de la producción de alimentos y bebidas y, normalmente es considerada como grado de excelencia del producto (FAO, 2022), como medida para proteger y promover el bienestar ciudadano, por lo tanto, es aquello que el consumidor quiere y está dispuesto a pagar por ello (Petrescu et al., 2020).

Según la FAO, Inocuidad se refiere a la existencia y control de peligros asociados a los productos destinados para el consumo humano a través de la ingestión como alimentos y medicinas a fin de que no provoquen daños a la salud del consumidor; aunque el concepto es más acreditado para los alimentos conociéndose como inocuidad alimentaria (Engo et al., 2015). Incluye acciones encaminadas a garantizar la máxima seguridad posible de los alimentos y, de acuerdo con lo establecido por el Codex Alimentarius, la inocuidad es la garantía de que un alimento no causará daño al consumidor cuando el mismo sea preparado o ingerido de acuerdo con el uso que se destine (OMS, 2020).

La miel de caña, hasta su concentración final alcanza temperaturas superiores a los 105 °C, es rico en azúcares invertidos y minerales, de fácil uso y especialmente inocuo (sano y seguro), ya que se envasa en caliente y por su naturaleza se utiliza recipientes herméticos. La importancia en la salud, está en su consumo (Cortina & Carrión, 2021), estudios indican que el uso habitual de cualquier azúcar no refinado aumenta la ingesta de compuestos antioxidantes (UPV, 2020; Bravo et al., 2021). Estudios realizados por la Unión Vegetariana de España, revela que los edulcorantes de la agroindustria panelera (miel de caña, panela y azúcar natural) son más nutritivos que otros productos (fructosa y azúcar de mesa) por cada 100 gramos de alimento consumido, sobresaliendo vitaminas como la Tiamina y Niacina y minerales como el calcio y hierro (Zidan & Azlan, 2022).

Los efectos de productos de la panela sobre la salud en especial para la anemia, parecen ser los más prometedores a corto plazo (Arshad et al., 2022), recientemente se ha estudiado propiedades antioxidantes y neuroprotectoras (Cifuentes et al., 2021), es decir que se considera un agente edulcorante amigable con valor medicinal para la salud (Jaffé, 2012). Por otro lado, antes de consumirlo debe cumplir

algunos parámetros de laboratorio, siendo el color una variable de aceptación o rechazo en la calidad e inocuidad de un alimento al momento de adquirir y consumirlo. Considerando estos aspectos sumados a la producción de panela y azúcar natural, se justifica la producción de miel por la calidad, inocuidad y productividad logrado con fines de competitividad, sostenibilidad y sustentabilidad.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica sobre el desarrollo del sector y se recabaron datos de los problemas habituales mediante un diagnóstico *in situ* de 23 provincias del Ecuador, a través de encuestas a los paneleros. El estudio para la intensificación inició considerando el diagrama heurístico como procedimiento para intensificar la industria panelera y aprovechar las capacidades instaladas, realizar mejoras y establecer nuevas líneas de producción bajo criterios de calidad y de eco-desarrollo. En los estudios experimentales se realizó clarificación del jugo de caña utilizando plantas mucilaginosas, se valoró a través de variables de concentración, porcentaje de agregado de la solución y temperatura de incorporación. Se efectuó la diversificación a través de la obtención de miel hidrolizada por inversión ácida, se trabajó con parámetros de pH y concentración en tres niveles controlados por variables respuesta: sabor, consistencia y presencia de cristales. El control de la temperatura de concentración tanto para la miel hidrolizada, panela y azúcar natural, se realizó utilizando un termómetro digital de punta metálica y un refractómetro digital de escala 0-98°Brix. Para el batido mecánico de la miel en la obtención de azúcar natural se utilizó un diseño de experimentos de tipo factorial 2³ y se valoró a través de variables como: temperatura(X1), velocidad de agitación (X2) y tiempo (X3) controlados por la variable respuesta cantidad de azúcar tamizado y cantidad de conglomerados retenidos. La determinación del color como medida de aceptación o rechazo del producto de la miel, panela, azúcar natural se utilizó el Pantone Palette X-rite, basado en el método técnico de la escala de colores CIE-Lab. El criterio de productividad se valoró a partir de los balances de masa y energía del proceso en cada uno de los edulcorantes obtenidos. Finalmente, se

tabularon los resultados, para expresarlos gráficamente, utilizando software estadístico statgraphics.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Problemas del sector:

Del diagnóstico realizado en las instalaciones de la industria panelera, se detectaron varios puntos débiles que afectan considerablemente el desenvolvimiento, desarrollo y productividad del sector panelero. De acuerdo con la figura 1, entre las principales debilidades agrupadas en ocho puntos sobresalen aspectos de: gestión, mercado, tecnológicos, económicos, agrícolas, ambientales, sociales y de alianzas.

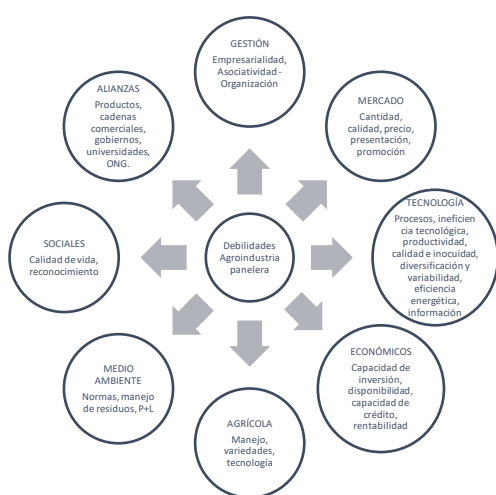


Figura 1. Debilidades del sector panelero

La figura muestra las debilidades que inciden en competitividad, sostenibilidad y sustentabilidad de la agroindustria panelera en el país, donde aspectos de tecnología, gestión, mercado, ambiente y de alianzas quebrantan notablemente en su desarrollo. La calidad e inocuidad del producto se evidencia en el precio y consumo, donde sobresalen debilidades en uso de tecnología, alianzas, gestión y mercado (Quezada et al., 2021). La productividad afecta en aspectos económicos y calidad de vida del productor panelero.

La falta de buenas prácticas agrícolas y de manufactura, de personal capacitado, de investigación, incumplimientos de normas ambientales, sumado a la calidad e inocuidad y aceptación generalizada del producto en el mercado, son debilidades que afectan el desarrollo del sector agroindustrial panelero en el Ecuador.

Variables de control establecidas para la intensificación

La calidad e inocuidad de los productos estará dada por los parámetros de calidad establecidos en el proceso de clarificación y control de variables del proceso y de la concentración final para miel, panela y azúcar natural. Además, el color como medida subjetiva e importante de calidad y en la aceptación o rechazo en el consumidor del alimento o producto. La figura 2, muestra el flujo de proceso para obtener edulcorantes en el sector panelero (Quezada et al, 2022).

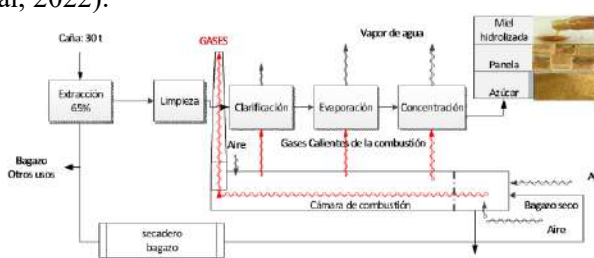


Figura 2. Proceso para la obtención de edulcorantes en el sector panelero

Control del proceso de clarificación del jugo de caña:

En la tabla 1 se presentan las variables y niveles tomados como estrategia técnica. Se estudiaron cuatro especies de plantas vegetales (Yausabara, Yausa, Cadillo y Falso Joaquín) como agentes clarificantes, donde el mejor resultado se alcanzó con la primera especie vegetal según factores, niveles y variable respuesta.

Tabla 1. Variables y niveles en el estudio en la clarificación

Factores	Niveles		Unidades	Variable respuesta. Turbidez (T)
	Bajo	Alto		
Concentración planta (X_1)	75	100	g/L	NTU*
Temperatura (X_2)	50	90	°C	
Solución mucilago jugo (X_3)	2	8	%	

Del procesamiento de los datos estadístico de la especie vegetal seleccionada a través de software statgraphics, se alcanza valores de

turbidez bajos de 40.3 NTU dando jugos claros y brillantes, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Comportamiento estadístico de la turbidez en la especie vegetal Yausabara

Exptos	X ₁	X ₂	X ₃	Turbidez NTU
	g/L	°C	%	Yausabara (TYb)
1	-1	1	-1	72.33
2	1	1	-1	59.67
3	-1	1	1	47.84
4	1	-1	1	99.00
5	-1	-1	1	138.33
6	-1	-1	-1	157.00
7	1	1	1	40.30
8	1	-1	-1	140.33

Al evaluar gráficamente el efecto de la turbidez se evidencia que la variable que más incidió significativamente fue la temperatura, seguido del porcentaje de incorporación en el jugo y finalmente la concentración, tal como se evidencia en la figura 3.

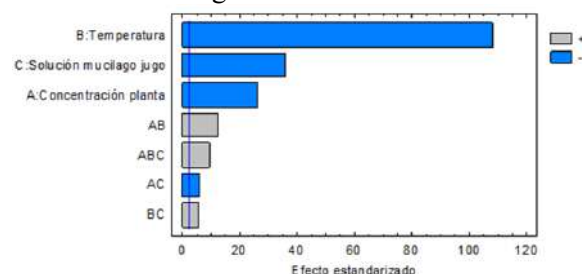


Figura 3. Diagrama de Pareto de la turbidez de la especie vegetal Yausabara

Los modelos matemáticos de ajuste responden satisfactoriamente a coeficientes de regresión R² por encima del 98 %, lo que indica una significación de todos los factores y variable en el modelo.

$$TYb = 94,35 - 9,52X_1 - 39,31X_2 - 12,98X_3 + 4,47X_1X_2 + 2,19X_1X_3 + 2,017X_2X_3 + 3,47X_1X_2X_3$$

El modelo de la especie Yausabara, brindó los menores valores de turbidez asegurando una clarificación natural adecuada a una concentración de mucílago de 100 g/L, 8% de solución mucilaginoso a incorporar y temperatura de 90°C y una combinación adecuada de estas tres variables propician jugos con valores bajos en turbidez característico de un jugo claro y brillante.

Producción de miel hidrolizada

La producción de miel hidrolizada se convierte en una alternativa válida de producción en el sector panelero con fines de alcanzar mayores rendimientos en el proceso de calidad e inocuidad. Se analizaron dos variables: pH y concentración (Brix), y como variables respuesta: la viscosidad, el sabor y la formación de cristales.

Los resultados demostraron que al aumentar la concentración (Brix) y el pH, la cristalización es evidente en la miel, debido a una incorrecta inversión de la sacarosa. Por lo tanto, se determina que una combinación adecuada de las dos variables permite estabilizar el producto.

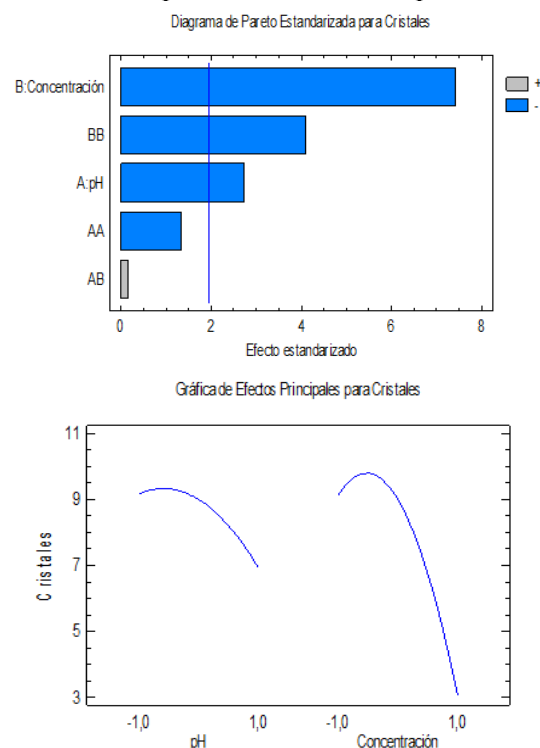


Figura 4. Comportamiento del pH y la concentración para la formación de cristales.

El modelo obtenido para la variable respuesta presencia de cristales en la miel hidrolizada combinando el pH, concentración y formación de cristales se indica en la ecuación, cuando tiene R² > 99%.

$$Yc = 9,0 - 1,12X_1 - 3,03X_2 - 0,95X_1^2 + 0,075X_1X_2 - 2,9X_2^2$$

La aceptación del sabor (acidez) depende del pH en su valor medio (4±0,2) y de la concentración del producto (76±0,5 bx), relacionado con la temperatura de

concentración ($106 \pm 0,8$ °C). La calidad e inocuidad y productividad se ve reflejado en el proceso de obtención de la miel hidrolizada, al envasar el producto a temperatura superior de 100°C , facilita el uso, asepsia en su manipulación para el consumo y se alcanza mayor productividad al concentrar hasta 76°brix , uso de menos recursos y tiempo utilizado en el proceso.

Variables de control en la concentración final de miel, panela y azúcar natural.

En la estandarización del producto sea color, dureza, sabor, olor y composición química, tiene importancia significativa la concentración final del producto. Se pudo observar, que el punto de ebullición depende de la altura de ubicación de la planta (msnm) para la concentración correspondiente de la solución (Brix). Resultados indican que para la miel hidrolizada a alturas de 1800 a 2000 msnm se logra concentraciones aceptables de 77% de sólidos solubles en la solución ($^{\circ}\text{Brix}$), para panela de 90°Brix y para azúcar natural a valores de 126°Brix , donde el color del producto en especial para la panela y azúcar se obtiene productos con tonos claros.

Batido de miel para azúcar natural

La capacidad de formación de cristales, color y rendimiento se ve reflejada en el batido de la miel de caña. Para el caso se planteó un diseño de experimentos del tipo factorial 2^3 con la temperatura (X_1), velocidad de agitación (X_2) y tiempo (X_3) como variables independientes. El modelo del azúcar tamizado demuestra que el efecto de las variables independientes sobre el parámetro respuesta porcentaje de azúcar tamizado, es mayor cuando se encuentra en sus niveles más altos de temperatura y bajo en la velocidad y tiempo, lo que equivale a 33,7% de conglomerados retenidos; este valor se encuentra dentro del rango obtenido y reportado por la empresa Gardenia en el 2011 entre 30 a 40% de conglomerados.

El color en los edulcorantes de la agroindustria panelera

La evaluación del color de los derivados de la agroindustria panelera es una medida de control de calidad y aceptación o rechazo por el consumidor en el momento de comprar el producto en el mercado. Se elaboró un abanico

colorimétrico de acuerdo con el color tomado de los productos: miel de caña natural, miel de caña hidrolizada (producto nuevo), panela (bloque de panela) y azúcar natural (azúcar sin centrifugar, obtenido por el método de cristalización natural) que se producen y expenden en los mercados de las provincias del Ecuador continental. Los colores obtenidos mediante el método colorimétrico CIE-Lab (Palette X-rite), se convierte en una medida válida subjetiva para medir la calidad en la aceptación o rechazo del producto.

Al valorar el color de la miel, se estableció colores que van desde anaranjados rojizos hasta marrón grisáceo oscuro; para la panela, la gama de colores se incrementa que van desde los amarillos hasta marrón pasando por el anaranjado y para el azúcar natural los colores que prevalecen son el amarillo y marrón. Colores amarillos profundos, fuertes y grisáceos mostraron presencia de azufre (Quezada-Moreno et al., 2016). El color depende de la calidad del proceso de clarificación en el jugo, grado de concentración alcanzado en el producto y de las Buenas Prácticas de Manufactura practicadas y uso o no de clarificadores químicos utilizados y además como mejoradores del color, entre los principales (Galicía et al., 2017).

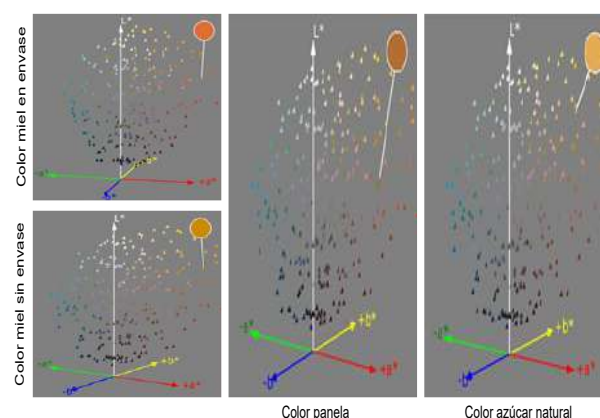


Figura 5. Ubicación del color en los tres edulcorantes

El aporte nutritivo de los edulcorantes de la agroindustria panelera es importante y necesaria para la población del sector rural y urbana y que procesados aplicando buenas practicas de manufactura estos deben ser inocuos (caso de la miel de caña, que se envasa a temperatura superiores a

los 90°C). La manipulación de los productos (panela y azúcar natural) se ve afecta en la calidad nutritiva e inocuidad en la mayoría de las unidades de producción panelera.

Tabla 3. Composición de los edulcorantes obtenidos en la agroindustria panelera

Componente	Miel caña	Panela	Azúcar
Energía (kcal/100g)	328	347	390
Humedad (%)	17,4	8,6	2,1
Azúcares totales (%)	81	96	98,5
Sólidos solubles (°Bx)	77	-	-
Cenizas (%)	2,39	2,13	3,36
Hierro (mg).	26	24	19
Calcio (mg).	327	80	85
Fósforo (mg/100g)	113	172	170

Los rendimientos del proceso de producción están influenciados por variables como tiempo y materiales utilizados y que se reflejan en el costo final del producto. De igual manera, la productividad se mide por la cantidad de productos elaborados en un tiempo determinado al menor costo de insumos y materiales. De los tres productos, se logra mayor rendimiento al elaborar miel de caña, siendo el de menor concentración ($76 \pm 1^\circ \text{brix}$), la panela ($90 \pm 1^\circ \text{brix}$) y azúcar natural ($95 \pm 0,5^\circ \text{brix}$), al utilizar menos recursos y tiempo en el proceso; también sobresale el envasado del producto a temperaturas altas, considerándose aspectos de calidad e inocuidad, debido a la asepsia en su manipulación, lo que facilita el uso y consumo.

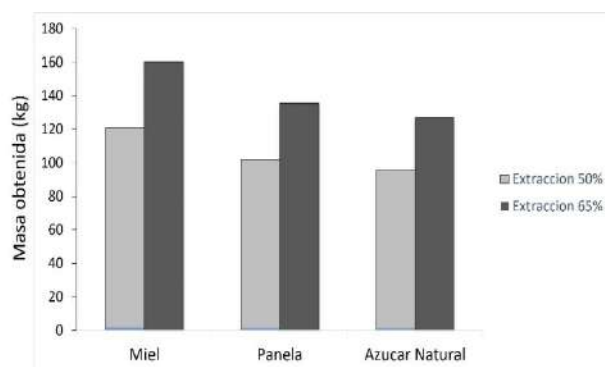


Figura 6. Rendimiento de los edulcorantes

CONCLUSIONES

El diagnóstico de la agroindustria panelera refleja debilidades donde aspectos de gestión, tecnológicos, ambientales y de alianzas

sobresalen y que afectan a la calidad e inocuidad en los edulcorantes que se producen y que son objeto de censura al no trabajar bajo criterios técnicos en los procesos, por tal motivo es necesario acciones correctivas de mejora para impulsar su desarrollo.

Además, la clarificación a través del uso de mucilagos de las plantas, son una alternativa de clarificación natural viable en jugos de caña y correspondería establecerse como medidas de competitividad y sostenibilidad en industrias paneleras mediante acciones ejecutivas.

Asimismo, el color en los derivados de miel, panela y azúcar permite interpretar la calidad del producto, basado en el abanico colorimétrico, lo que admite estandarizarlo en cuanto al color de uno o varios productos y definir el grado de aceptación o rechazo en el mercado. Finalmente, el poder calórico de los productos es significativo, donde la calidad nutritiva es importante por la presencia de azúcares y minerales, prevaleciendo el rendimiento al procesar miel de caña.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

- Arshad, S., Rehman, T., Saif, S., Rajoka, M. S. R., Ranjha, M. M. A. N., Hassoun, A., Crotova, J., Trif, M., Younas, A., & Aadil, R. M. (2022). Replacement of refined sugar by natural sweeteners: focus on potential health benefits. *Heliyon*, 8(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10711>
- Bravo, B., Parrales, V., Delgado, J., Lectong, N., López, I., & Reyna, K. (2021). Agentes clarificantes naturales y su efecto en el color y sólidos en suspensión en panela Natural clarifying agents and their effect on color and suspended solids in panela. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, 26, 51–62. https://doi.org/https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i26.3212
- Cifuentes, J., Salazar, V. A., Cuellar, M., Castellanos, M. C., Rodríguez, J., Cruz, J. C., & Muñoz-Camargo, C. (2021). Antioxidant and neuroprotective

- properties of non-centrifugal cane sugar and other sugarcane derivatives in an in vitro induced parkinson's model. *Antioxidants*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/antiox10071040>
- Codex, A. (2019). *Proyecto de norma para la panela y/o nombre corriente o vernáculo según se conoce en cada país (azúcar no centrifugo)* (Issue Anexo 2). https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FCircular%252520Letters%252FCL%2525202019-34%252Fcl19_34s.pdf
- Cortina, J. R., & Carrión, M. H. (2021). Non-Centrifugal Cane Sugar is a Potential Functional Food? *Nutri Food Sci Int J*, 10(4), 1–2. <https://doi.org/10.19080/NFSIJ.2021.10.555794>
- Engo, N., Fuxman, A., González, C., Negri, L., Polenta, G., & Vaudagna, S. (2015). *Desarrollo de las exigencias sobre calidad e inocuidad de alimentos en el mundo (2025)* (1a ed, Issue January). Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. <https://www.researchgate.net/publication/308065030>
- FAO. (2022). *Guía para el Día Mundial de la Inocuidad de los Alimentos de 2022*. <https://www.fao.org/3/cb8661es/cb8661es.pdf>
- Flórez-Martínez, D. H., Contreras-Pedraza, C. A., Escobar-Parra, S., & Rodríguez-Cortina, J. (2023). Key Drivers for Non-Centrifugal Sugar Cane Research, Technological Development, and Market Linkage: A Technological Roadmap Approach for Colombia. *Sugar Tech*, 25(2), 373–385. <https://doi.org/10.1007/s12355-022-01200-9>
- Galicia, M., Hernández, A., Debernardi, H., Velasco, J., & Hidalgo, J. (2017). Evaluación de la calidad e inocuidad de la panela de Veracruz, México. *AGROProductividad*, 10(11), 35–41. <https://go.gale.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&issn=&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA530914344&sid=googleScholar&linka>
- Guerrero, M., & Escobar, J. (2015). Eficiencia técnica de la producción de panela The technical efficiency of Non Centrifugal Sugar production. *Journal of Technology*, 14(1), 107–116. https://www.researchgate.net/publication/304583264_Eficiencia_tecnica_de_la_produccion_de_panela_The_technical_efficiency_of_Non_Centrifugal_Sugar_production
- Jaffé, W. R. (2012). Health Effects of Non-Centrifugal Sugar (NCS): A Review. *Sugar Tech*, 14, 87–94. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12355-012-0145-1>
- Lagos-Burbano, E., & Castro-Rincón, E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 917–934. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34668>
- OMS. (2020). *Inocuidad de los alimentos*. Organización Mundial de La Salud. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/11/18/alimentos-seguros-desarrollo-latinoamerica>
- Petrescu, D. C., Vermeir, I., & Petrescu-Mag, R. M. (2020). Consumer understanding of food quality, healthiness, and environmental impact: A cross-national perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010169>
- Quezada-Moreno, W. F., Quezada-Torres, W. D., Gallardo-Aguilar, I., Proano-Molina, M., Cevallos-Carvajal, E., Bravo-Zambonino, J., Arias-Palma, G., & Travez-Castellano, A. (2020). Natural clarification of cane juice: Technology and quality of hydrolyzed honey. *Afinidad*, 77(590), 132–139.
- Quezada-Moreno, W., (2022). Life cycle analysis of the panela agroindustry and intensification for its development: A bibliographical review. Book name-Research highlights in agricultural sciences Vol. 6. Chapter 11. Page 162. B

- P INTERNATIONAL BOOK. INDIA. ISBN-13 (15) 978-93-5547-979-2 (Print). 978-93-5547-980-8 (eBook).
<https://stm.bookpi.org/RHAS-V6/issue/view/875>
- Quezada-Moreno, W., Gallardo, I., & Torres, M. (2016). El color en la calidad de los edulcorantes de la agroindustria panelera. *Afinidad*, 73(573), 26–30. <https://dialnet.unirioja.es/revista/6409/A/2016>
- Quezada, W. F., Quezada-Torres, W. D., González-Suárez, E., Molina-Borja, F. A., Moreano-Terán, N. F., & Pérez-Martínez, A. (2017). Life Cycle Analysis of the Panela Agroindustry and Intensification for its Development: A Bibliographical Review. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)* Http://, 2(5), 2659–2666. <https://doi.org/dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.5.48> Vol-2,
- Quezada, W. F., Quezada, W. D., González, E., Quezada, D., & Proaño, M. (2021). OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA AGROINDUSTRIA PANELERA. In *GRUPO COMPÁS* (Primera ed). GRUPO COMPÁS. <https://acitecso.com/producto/optimizaci-on-de-procesos-en-la-agroindustria-panelera/>
- Quezada, W., González, E., Quezada, W. D., & Mera, M. (2016). Cane Honey : Process , Quality and Harmlessness. *International Journal of Engineering Research*, 5(7), 589–593. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijer&volume=5&issue=7&article=009>
- Quezada, W., Quezada-Torres, D., & Molina-Borja, F. (2018). Agroindustria Panelera: Alternativa para su Intensificación. *KnE Engineering*, 3(1), 19. <https://doi.org/10.18502/keg.v3i1.1409>
- Sarkar, T., Salauddin, M., Kirtonia, K., Pati, S., Rebezov, M., Khayrullin, M., Panasenko, S., Tretyak, L., Temerbayeva, M., Kapustina, N., Azimova, S., Gruzdeva, L., Makhmudov, F., Nikitin, I., Kassenov, A., Shariati, M. A., & Lorenzo, J. M. (2022). A Review on the Commonly Used Methods for Analysis of Physical Properties of Food Materials. *Appl. Sci.*, 12(4), 1–31. <https://doi.org/10.3390/app12042004>
- UPV. (2020). *Azúcar de caña no refinado*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.upv.es/noticias-upv/noticia-5777-azucar-de-cana-es.html>
- Vera-Gutiérrez, T., García-Muñoz, M. C., Otálvaro-Alvarez, A. M., & Mendieta-Menjura, O. (2019). Effect of processing technology and sugarcane varieties on the quality properties of unrefined non-centrifugal sugar. *Heliyon*, 5(10), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02667>
- Zidan, D., & Azlan, A. (2022). Non-Centrifugal Sugar (NCS) and Health: A Review on Functional Components and Health Benefits. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/app12010460>