

Efecto de la combinación de tuna (*Opuntia ficus-indica*) y guayusa (*Ilex guayusa*) en la osmolalidad de una bebida energizante

Effect of the combination of tuna (Opuntia Ficus-Indica) and guayusa (Ilex Guayusa) on the osmolality of an energy drink

Franklin Antonio Molina Borja¹; Eduardo Julio García Noa²; Mario A. García³; Genderson David Jaguaco Proaño¹; José David Mena Quezada¹; Hernán Patricio Ruiz Mármol⁴

¹Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador; ²Facultad de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, (Cujae); ³Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador; ⁴Carrera de Agroindustrias, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador

Resumen

La presente investigación indica el proceso de elaboración de una bebida energizante, basada en la combinación de ingredientes ancestrales y sus propiedades nutritivas: tuna (*Opuntia ficus-indica*) y guayusa (*Ilex guayusa*). Se empleó un diseño experimental completo al azar con cuatro factores A+B+C+D y niveles de concentración de pulpa de tuna, como factor A, infusión de guayusa como factor B, tipo de sales como factor C y agua como factor D, obteniendo un total de 13 tratamientos. A través del análisis sensorial, se determinó que el tratamiento 11 es el más aceptado. Los resultados obtenidos en relación a la acidez titulable (9 %), pH (5,44), sólidos totales (10,15 %) y densidad (0,96 g/ml). Comparados con la norma INEN 2304, 2017, se encuentran dentro del rango establecido. Los valores de osmolalidad (553 mmol/kg) y de conductividad (2,37 μ S/cm) cumplen con los estándares establecidos por las normas de la FDA y la norma colombiana, respectivamente. Los análisis microbiológicos presentan una cantidad de aerobios mesófilos UFC/g <30, coliformes totales UFC/g <10, mohos UFC/g <10 y levaduras UFC/g <10, los cuales se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2411, 2017. El análisis nutricional determinó la cantidad de proteínas (0,48 %), colesterol (<0,01 mg/100 g), cafeína (1,29 mg/100 g) y calorías (39,53 kcal/100 g) presentes en la bebida energizante. Al comparar los resultados obtenidos con las normas ecuatorianas, colombianas y estadounidenses, se concluye que el tratamiento 11 es apto para su elaboración y consumo.

Palabras clave: Bebida energizante, tuna, guayusa, osmolalidad y conductividad

Recibido: 1 de junio 2023 - revisión aceptada 6 de diciembre 2023

Correspondiente al autor: franklin.molina@utc.edu.ec

Abstract

The present investigation developed an energy drink, based on the combination of ancestral ingredients: prickly pear *Opuntia ficus-indica* and *Guayusa Ilex guayusa*, by mixing their nutritional properties. A complete randomized experimental design was used, which involves four factors, A + B + C + D, with concentration levels of prickly pear pulp as factor A, guayusa infusion as factor B, type of salts as factor C, and water as factor D, obtained a total of 13 treatments. Through sensory analysis, it was determined that treatment 11 is the most accepted. The results obtained in relation to the titratable acidity (9%), pH (5.44), total solids (10.15%) and density (0.96 g/ml). Compared with the INEN 2304, 2017 standard, they are within the established range. The osmolality (553 mmol/kg) and conductivity (2.37 μ S/cm) values comply with the standards established by the FDA regulations and the Colombian regulation, respectively. The microbiological analyzes show a quantity of mesophilic aerobes UFC/g <30, total coliforms UFC/g <10, molds UFC/g <10 and yeasts UFC/g <10, which are within the parameters established by the NTE standard. INEN 2411, 2017. The nutritional analysis determined the amount of protein (0.48%), cholesterol (<0.01 mg/100 g), caffeine (1.29 mg/100 g) and calories (39.53 kcal/ 100 g) present in the energy drink. When comparing the results obtained with the Ecuadorian, Colombian and American standards, it is concluded that treatment 11 is suitable for its preparation and consumption.

Key words: Energy drink, prickly pear, guayusa, osmolality and conductivity

Introducción

En Ecuador, el consumo de bebidas energizantes ha aumentado significativamente en los últimos años, especialmente entre adolescentes y jóvenes adultos. Esto ha llevado a preocupaciones sobre el impacto de estas bebidas en la salud de la población ecuatoriana. En particular, se ha observado un aumento en el riesgo de problemas de salud mental y de comportamiento en adolescentes que consumen bebidas energizantes en exceso. Además, el alto contenido de cafeína en estas bebidas también ha sido relacionado con

problemas de hiperactividad, problemas de concentración y trastornos del sueño en los estudiantes (Usme et al., 2019).

La guayusa es usada tradicionalmente por los Achuar y mestizos en forma de infusión. Dentro de este contexto, es fundamental aclarar que el conocimiento fitoquímico de la guayusa es limitado y la literatura científica es escasa, razón por la cual es necesaria una profunda investigación científica con el fin de evaluar su actividad biológica o farmacéutica y los posibles usos comerciales. Actualmente, los pocos datos fitoquímicos de esta planta

solo revelan datos de su contenido en cafeína, así como la presencia de triterpenos y ácidos clorogénicos (Rosero Gordón 2006-2007)

Cabe recalcar que aquellas bebidas que no contienen alcohol, pero si estimulantes, son conocidas como bebidas energizantes. Originalmente fueron creadas para atletas de alto rendimiento, ya que proporcionan un extra de energía al cuerpo gracias a sus componentes específicos. Ahora, su consumo se ha extendido y se utilizan para aliviar la sensación de cansancio y agotamiento, especialmente entre aquellos que realizan tareas exigentes (INEN, 2008).

La investigación desarrolló un método para elaborar una bebida energizante natural, que contenga vitaminas como la C y D. La vitamina C es un potente antioxidante que ayuda a fortalecer el sistema inmunológico, mejorar la salud de la piel y puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardíacas. Por otro lado, la vitamina D es esencial para la absorción de calcio y ayuda a mantener la salud ósea y dental. Dado que, en la actualidad, la población enfrenta problemas de salud como obesidad, enfermedades cardíacas y síndrome metabólico, cada vez más busca soluciones naturales para estos problemas. Por lo tanto, es importante ofrecer opciones accesibles y adaptadas a los patrones de consumo locales (Aguilera Garca et al., 2007).

La investigación propone una técnica innovadora para crear una bebida energizante natural, para mejorar el rendimiento de jóvenes atletas de deportes de alto impacto físico, así como para individuos que realizan trabajos

extenuantes y aquellos que sufren de problemas de salud como enfermedades cardíacas, síndrome metabólico y obesidad. El objetivo que se planteó en esta investigación fue evaluar la osmolalidad en la bebida energizante a base de tuna *Opuntia ficus-indica* y guayusa *Ilex guayusa*.

Metodología

El tipo de investigación que se utilizó para la realización de este trabajo fue de tipo cuantitativa, experimental, descriptiva y utilizó como técnicas de investigación la observación, la encuesta y la entrevista

Se elaboró la pulpa de tuna (*Opuntia indica-ficus*) he infusión de guayusa (*Ilex guayusa*), 250 gramos por botella.

Para su elaboración se utilizó: Tuna 19 kg; Guayusa 250 g por botella de 1 litro; Cloruro de sodio 1 kg; Lactato de calcio 250 g; Citrato de sodio 250 g; Ácido cítrico 250 g; CMC 250 g; Sorbato de potasio 250 g;

Para medir el pH de acuerdo a las normas INEN de Ecuador, (NTE INEN-ISO 10523).

El procedimiento establecido por las normas INEN para la medición de grados Brix. El refractómetro debe ser calibrado antes de la medición, utilizando agua destilada como patrón. Y proceder a su lectura.

Para la medición de la acidez titulable, la muestra debe ser homogeneizada antes de la medición, se selecciona un indicador ácido-base, se agrega la solución titulante NaOH, se registra el volumen de solución titulante, La acidez titulable se calcula utilizando el volumen de la solución titulante

agregada y la concentración de la solución titulante, según una fórmula específica.

Para la medición de la densidad, la muestra se coloca en el instrumento de medición y se registra la lectura de la densidad, se puede calcular utilizando la masa y el volumen de la muestra, según una fórmula específica.

El análisis de conductividad a cada una de las muestras, para registrar los datos se utilizó un conductímetro de marca Orbeco Hellige series 150.

Para establecer el procedimiento para medir la osmolaridad se utilizó el osmómetro Vapro, que no exige un alto grado de precisión volumétrica al nivel de muestra de 10 μ L, se procede a poner con la punta de la pipeta descansando en la ranura de la guía de la pipeta, situar la punta unos 5 milímetros sobre el centro del disco de muestra. La muestra caerá sobre el disco de muestra. Aquí empieza el ciclo de medición; una vez completada la medición (20 segundos) se escucha un sonido de aviso. La pantalla muestra entonces la osmolalidad de la muestra.

Tabla 1. Materiales para la obtención de pulpa de tuna

Materia prima	Utensilios y materiales	Equipos
Tuna <i>Opuntia indica-ficus</i>	Olla de acero inoxidable de 3 litros de capacidad	Cocina industrial
	Olla de acero inoxidable de 10 litros de capacidad	Licuada industrial
	Recipiente de 3 litros de capacidad	Termómetro
	Cuchillo	Bascula digital
	Embudo	Refrigerador
	Cuchara acero inoxidable	
	Tabla para picar	
	Colador	
	Tela lienzo	
	Botella de vidrio de 1 litro de capacidad	

La materia prima se obtuvo en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, parroquia San Miguel, barrio Eloy Alfaro, mercado Eloy Alfaro.

Se realizó el reconociendo a la calidad de la tuna *Opuntia indica-ficus* (19 kg), para determinar que la misma se encontrara en buenas condiciones y a su vez descartar ejemplares que se encontraron maltratados y/o en estado de putrefacción.

Descartados los ejemplares defectuosos, la tuna restante se sometió a una limpieza para remover restos de tierra y otros residuos extraños que pudiesen afectar a la calidad de la pulpa que se deseaba obtener. Con la ayuda de un cuchillo y una tabla para picar se procedió a realizar el despulpado.

Elaboración de la pulpa

Después de haber retirado la cáscara de la tuna, se procede a introducirlas en una licuadora industrial de marca TecnoMack para obtener la pulpa de la tuna con alta fibra en su contenido esto en base en el promedio de la concentración de fibra soluble, el consumo de cuatro porciones diarias de 240 mL de jugo de tuna aporta 10 g de fibra (Würsch y Pi-Sunyer, 1997).

Para eliminar los sólidos insolubles y los restos de fibra contenidos en la pulpa, se procedió a verter la pulpa de tuna en un recipiente a través de un colador de metal, esto con el objetivo de eliminar los sólidos insolubles de mayor tamaño. Posteriormente se coló nuevamente la pulpa de tuna, pero ahora a través de la tela lienzo, de esta manera los sólidos insolubles y

resto de fibra de menor tamaño se separaron de la parte líquida de la pulpa.

Pasteurizado de la pulpa

Según (Quintero et al., 2011) para pasteurizar una pulpa se utilizó la marmita de acero inoxidable calentada hasta los 80 °C por un periodo de 20 segundos para posteriormente disminuir su temperatura a 20 °C con el uso de un refrigerador convencional marca Mabe Refrigeradora / 16 Pies Cúbicos / N/F / 400L /Digital C/Disp Inox / modelo RMP840FZEU1. Para el calentamiento de la pulpa de tuna se vertió la misma en una olla de acero inoxidable y se procedió a calentarla en una cocina industrial. Al momento de realizar el descenso de temperatura a 5 ° C, se optó por introducir la olla que contenía la pulpa de tuna, dentro de otra olla de mayor tamaño de 40 cm de diámetro que contenía agua fría con hielo para ayudar a descender la temperatura.

Embotellado de la pulpa

En botellas estériles con la ayuda de un embudo procedemos a verter la pulpa de tuna en la botella de 1 litro y posterior a esto se tapa la botella para evitar la entrada de objetos extraños y contaminación.

Refrigerado de la pulpa

Se almacena la pulpa ya embotellada en un refrigerador anteriormente detallada su marca y modelo a una temperatura de 5 °C para evitar el desarrollo de microorganismos.

Tabla 2. Materiales para la obtención de infusión de guayusa (*Ilex guayusa*)

Materia prima	Utensilios y materiales	Equipos
Guayusa (<i>Ilex guayusa</i>)	Olla de acero inoxidable de 3 litros de capacidad	Cocina industrial marca Indurama
	Olla de acero inoxidable de 10 litros de capacidad	Termómetro digital Checktemp® » HANNA®
	Embudo	Bascula digital
	Tela lienzo de 2 metros	Refrigerador marca Mabe
	Colador de acero inoxidable	
	Botella de vidrio de 1 litro de capacidad	

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

Obtención de infusión de guayusa (*Ilex guayusa*)

La materia prima se obtuvo en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Eloy Alfaro, barrio el Camal, mercado el Camal.

Se realizó el reconociendo a la calidad de la guayusa (*Ilex guayusa*), para determinar que la misma se encontrara en buenas condiciones y a su vez descartar ejemplares que se encontraron maltratados y/o en estado de putrefacción.

Descartados los ejemplares defectuosos, la guayusa (*Ilex guayusa*) restante se sometió a una limpieza para remover restos de tierra y otros residuos extraños que pudiesen afectar a la calidad de la pulpa que se deseaba obtener.

Elaboración de la infusión

Se procedió a colocar las hojas de guayusa (*Ilex guayusa*) posteriormente lavadas, en una olla de

acero inoxidable con agua. Se dejó calentar el agua hasta llegar a los 100°C y llegado ese punto se mantuvo la temperatura durante 10 minutos.

Se utilizaron 5 g de hojas de guayusa por cada litro de agua, porque según Crespo P. (2018) el contenido de cafeína por hoja de guayusa varía entre los 2.9 % a 3.8 %. De acuerdo a 5 g la cantidad de cafeína varía entre 0.145 mg y 0.19 mg en la infusión de guayusa, por lo que no se excedieron con una cantidad mayor a 5 g de hojas de guayusa para evitar amargor que en grandes cantidades resulta ser molesto, considerando que no se hace uso de ningún tipo de endulzante, lo que afectaría al sabor final.

Tratamiento térmico de la infusión

Luego de la pasteurización de la pulpa de tuna, la temperatura de la infusión de guayusa descendió hasta los 20 °C, en el caso de que la temperatura de la infusión llegó a un punto

de equilibrio 20 °C. Se procedió a verter la infusión a través de un colador de acero inoxidable sin marca de elaboración nacional, esto para eliminar objetos extraños que puedan afectar el estado de infusión.

Embotellado de la infusión

Tras tener ya la botella previamente esterilizada, con la ayuda de un embudo procedemos a

verter la infusión de guayusa en la botella y posterior a esto se tapa la botella para evitar la entrada de objetos extraños y contaminación.

Refrigerado de la infusión

Se almacena la infusión de guayusa ya embotellada en un refrigerador a una temperatura de 5 °C para evitar el desarrollo de microorganismos.

Tabla 3. . Materiales para la elaboración de bebida energizantes de tuna (*Opuntia indica-ficus*) y guayusa (*Ilex guayusa*) en las cantidades ya descritas anteriormente.

Ingredientes	Insumos	Utensilios y materiales	Equipos
Pulpa de tuna (<i>Opuntia indica-ficus</i>)	Sal refinada	3 recipientes de cristal de 1 litro de capacidad	Cocina industrial
Infusión de guayusa (<i>Ilex guayusa</i>)	Citrato de sodio	Olla de acero inoxidable de 1 litro de capacidad	Termómetro
Agua	Lactato de calcio		Bascula digital
	Sorbato de potasio		Báscula analítica
	Ácido cítrico		Refrigerador
	CMC		

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

Elaboración de bebida energizantes de tuna (*Opuntia indica-ficus*) y guayusa (*Ilex guayusa*)

Una vez elaborada la pulpa de tuna y de la infusión de guayusa, se procedió a pesar estos ingredientes en función de los tratamientos y concentraciones obtenidas por medio del programa Desing Expert Tridial (Versión 22.0.2) esto teniendo en cuenta una cantidad de 250 gramos por botella.

Para el pesado de las sales, estabilizante y conservante se utilizó una balanza analítica. Una vez pesada la pulpa de tuna, infusión de

guayusa y el agua, se procedió a mezclar estos 3 ingredientes con una barra de agitación.

Embotellado

Con la ayuda de un embudo vertemos la bebida aún caliente a 40 °C, en un recipiente de cristal y tapamos el recipiente para evitar que este se contamine.

Refrigerado

Se almacena la bebida energizante ya embotellada en un refrigerador a una temperatura de 5 °C para evitar el desarrollo de microorganismos.

Diseño Experimental

Optimización de tratamientos para la obtención de una bebida energizante a base de pulpa tuna *Opuntia indica-ficus* he infusión guayusa *Ilex guayusa*

Se empleó el programa Desing Expert Tridial (versión 22.0.2), para obtener concentraciones óptimas para cada tratamiento utilizado en la elaboración de la bebida energizante, mediante la optimización numérica del diseño de mezcla I-óptimo.

La concentración de sales e insumos dio como resultado un 0.447 %. Las sales usadas

se componen por un 0.09 % de sal refinada, 0.05 % de citrato de sodio, 0.03 % de lactato de calcio, 0.05 % de sorbato de potasio, 0.027 % de ácido cítrico y 0.2 % de CMC. para lo que se decidió aumentar un 9.553 % de agua para alcanzar el 10 % de la formulación total de la bebida. Lo restante contenía un 90 %, el cual se estableció en límite mínimo de 20 % y un límite máximo de 70 %, límites que se estipulan para la concentración de pulpa de tuna e infusión de guayusa. El programa Desing Expert Tridial (versión 22.0.2) fue el encargado de establecer el porcentaje de concentraciones para la pulpa de tuna e infusión de guayusa.

Factor	Nomenclatura	Unidad	Tipo	Minino	Máximo
Pulpa de tuna	A	%	Porcentual	20	70
Infusión de guayusa	B	%	Porcentual	20	70
Agua	C	%	Porcentual	9.553	9.553
Sales e insumos	D	%	Porcentual	0.447	0.447

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

Se deja en evidencia en la Tabla 4, los factores ingresados en la programa Desing Expert Tridial (Versión 22.0.2), El factor (A) correspondiente a la pulpa de tuna (*Opuntia indica-ficus*) y el factor (B) correspondiente a la infusión de guayusa (*Ilex guayusa*) son factores a los cuales se

les establecieron límites máximos y mínimos de concentraciones, el factor (C) correspondiente al agua y el factor (D) correspondiente a las sales e insumos, tienen concentraciones constantes, el factor (C) de sales e insumos se compone por un 0.09 % de sal refinada, 0.05 % de citrato de

sodio, 0.03 % de lactato de calcio, 0.05 % de sorbato de potasio, 0.027 % de ácido cítrico y 0.2 % de CMC. El diseño experimental que el programa emplea para la elaboración de los tratamientos es A+B+C+D, por otra parte, de esta manera, el programa Desing Expert

Tridial (Versión 22.0.2) se encargó de elaborar los tratamientos correspondientes, los que podemos observar en la Tabla 5, tratamientos generados por el diseño de mezcla I-óptimo, las cuales se emplearon para la experimentación y el desarrollo de la investigación.

Tabla 5. Tratamientos experimentales

Tratamientos	Factor (A)	Factor (B)	Factor (C)	Factor (D)
1	45 %	45 %	9.553 %	0.447 %
2	20 %	70 %	9.553 %	0.447 %
3	70 %	20 %	9.553 %	0.447 %
4	20 %	70 %	9.553 %	0.447 %
5	51.2 %	38.8 %	9.553 %	0.447 %
6	20 %	70 %	9.553 %	0.447 %
7	36.9 %	53.1 %	9.553 %	0.447 %
8	58.1 %	31.9 %	9.553 %	0.447 %
9	45 %	45%	9.553 %	0.447 %
10	64.1 %	25.9 %	9.553 %	0.447 %
11	70 %	20 %	9.553 %	0.447 %
12	26.6 %	61.4 %	9.553 %	0.447 %
13	45 %	45 %	9.553 %	0.447 %

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

Resultados y Discusión

Análisis Sensorial

Para realizar el análisis sensorial de la bebida energizante, se optó por la implementación

de una encuesta, la cual fue aplicada a un total de 30 catadores no experimentados. La puntuación de los tratamientos se dio teniendo en cuenta la rúbrica de valoración.

Tabla 6. Valoración 5 de los tratamientos experimentales y sus respectivos parámetros

Valoración 5 (Muy agradable)					
Tratamientos	Olor	Color	Sabor	Turbidez	Dulzor
t1	2	3	2	1	2
t2	0	1	2	0	1
t3	1	2	2	1	3
t4	0	1	1	0	1
t5	0	4	1	0	2
t6	0	2	0	2	0
t7	3	3	1	2	1
t8	4	4	4	1	5
t9	2	2	1	1	1
t10	1	5	5	2	7
t11	1	6	7	6	10
t12	0	2	0	2	0
t13	2	3	3	1	2
Total	16	38	29	19	35

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

En la Tabla 10, se indica que el tratamiento con más aceptabilidad fue t11, ya que contó con más valorizaciones de muy agradable en la mayoría de las características sensoriales que fueron analizadas, superando a todos los tratamientos en el apartado de color con 6 puntos, sabor con 7 puntos, turbidez con 6 puntos y dulzor con 10 puntos y siendo superado únicamente en el apartado de olor con 1 punto, estando por debajo de t1 con 2

puntos, t7 con 3 puntos, t8 con 4 puntos, t9 con 2 puntos y de t13 con 2 puntos.

Análisis físico químico de los tratamientos

Para elegir el mejor tratamiento se realizaron una serie de análisis fisicoquímicos de las bebidas obtenidas, para compararlos con datos bibliográficos, de esta manera determinar los tratamientos que cumplan con los parámetros establecidos por las normativas alimentarias.

Tabla 7. pH de cada tratamiento

Tratamientos	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	t ₁₁	t ₁₂	t ₁₃
pH	5	4,4	4,1	4,2	4,1	4,2	5	4,2	4	5,2	4,3	3,9	3,2

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

De acuerdo con los datos de la Tabla 11, se demuestra que los resultados obtenidos, si se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma (INEN, 2017), que prescribe un rango de pH mínimo de 2 y máximo de 4,5, son aptos para su elaboración. Mientras en otro estudio de investigación se encuentran datos similares en los índices de pH analizados en una bebida energizante comercial (Sánchez & Gagnay, 2015).

Grados Brix

La tabulación de los datos obtenidos en la Tabla 12 indica que los tratamientos cumplen con los límites establecidos y podemos estipular un límite mínimo de 5 ° Brix, esto según la normativa (INEN, 2017), con lo cual la elaboración de este tratamiento si cumplen con la normativa establecida.

Tabla 8. ° Brix de cada tratamiento

Tratamientos	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	t ₁₁	t ₁₂	t ₁₃
° Brix	5	2,8	8	2,6	7,4	3,1	4,7	7,1	6	8,9	8,5	4,2	6

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

Acidez titulable

Tras la tabulación se estableció el límite mínimo de 0.1 g/ml según la normativa (INEN, 2017), en la Tabla 13 podemos observar que t1 y t9 cuentan con las mismas concentraciones en sus factores, pero al momento de realizar la acidez titulable de estos tratamientos cuentan con resultados distintos, la explicación para

esto podría ser una contaminación durante su proceso de elaboración, ya sea por un mal tratamiento térmico de la bebida, lo cual indica una carga bacteriana abundante, de acuerdo a la acidez que proceden de la degradación microbiana, por lo que a mayor presencia microbiana, el nivel de acidez aumentaría exponencialmente.

Tabla 9. Acidez titulable de cada tratamiento

Tratamientos	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13
Acidez g/100mL	0,1	0,07	0,07	0,07	0,11	0,06	0,1	0,09	0,08	0,09	0,11	0,06	0,09

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

Densidad

Los datos establecen que el límite mínimo de 1.04 según la normativa (INEN, 2012), en la Tabla 14 los tratamientos no cumplen con los límites establecidos por la normativa INEN anteriormente mencionada (Caballero Palacios et al., 2017), la densidad varía dependiendo del líquido y la temperatura al

que dicho líquido se encuentre. La Tabla 10 de concentraciones de los tratamientos pudimos deducir que los tratamientos t2 y t4 cuentan con menor concentración de pulpa, por lo que evidentemente su densidad va a ser menor y el T14 que cuenta con una gran cantidad de pulpa, no expresan en su mismo documento, cuando la temperatura es muy alta, la misma afecta a la medición de la densidad.

Tabla 10. Densidad de cada tratamiento

Tratamientos	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13
Densidad g/mL	1,029	1,01	1,014	1,017	1,031	1,011	1,021	1,041	1,029	1,032	1,045	1,022	1,027

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

Conductividad

De acuerdo a lo ilustrado en la tabla 15, se determina que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa colombiana, la cual prescribe que la conductividad debe ser inferior a 6 μ S a 20°C (Ministerio de Salud y Protección Social

de Colombia, 2020). También en el estudio de (Figueroa, 2018) encontramos valores muy similares. Los resultados alcanzados muestran un rango de conductividad de 2,37 a 5,07 microsiemens, lo que indica que la presencia de iones en estas soluciones cumple con la normativa en cuestión. Y estos tratamientos son óptimos para su elaboración.

Tabla 11. Conductividad de cada tratamiento

Tratamientos	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13
Conductividad (μS)(SI)	5,07	2,35	3,55	3,19	2,63	2,95	4,96	3,4	3,39	3,92	3,37	3,16	2,81

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

Osmolalidad

En la Tabla 16 los tratamientos que cumplen con los estándares establecidos por la FDA, en cuanto a la osmolalidad normal en bebidas energéticas deben encontrarse en un intervalo comprendido entre 250 y 600 mOsm/Kg. Conforme al estudio realizado

por (Dini-G et al., 2004) encontró que los parámetros obtenidos con los parámetros de la investigación son muy similares. En resumen, se puede afirmar que los tratamientos analizados que se encuentran dentro de estas regulaciones cumplen con las normas establecidas por la FDA.

Tabla 12. Osmolalidad de cada tratamiento

Tratamientos	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13
Osmolalidad (mOsm/kg)(SI)	383	217	578	236	251	416	364	502	419	954	553	398	405

Elaborado por: Jaguaco, G. y Mena, D. (2023)

Análisis de la varianza de la osmolalidad en los tratamientos ANOVA.

En la Tabla 17 se muestra el valor F del modelo de 5.85 implica que el modelo es significativo. Solo hay una probabilidad del 1.68 % de que se produzca un valor F mayor.

Los valores P que tienden a ser iguales o menores a 0.05, indican que los términos del modelo son significativos. El valor F de falta de ajuste de 5.11 indica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro. Hay un 5.54 % de posibilidades de que se produzca un valor F de falta de ajuste grande. Según (Fernandez, 2022) la falta de

ajuste no significativo indica que el diseño es eficiente.

Tras haber analizado todos datos sensoriales, análisis de pH, análisis de ° Brix, análisis de la acidez titulable, análisis de densidad, análisis de conductividad, análisis de osmolalidad, el análisis de varianza del diseño ANOVA y la tabla de deseabilidad de concentraciones pudimos notar que t11 se encuentra dentro de todos los límites estipulados por las normativas, además de ser el que recibe mayor aprobación por parte de los degustadores y estar dentro de las estimaciones propuestas por las herramientas proporcionadas por el programa Desing Expert Tridial 22.0.2.

Tabla 12. Resultados del análisis de varianza de la osmolalidad

Fuente	Suma de cuadrados	GD	Media de cuadrados	Valor F	
Modelo	3.008E+05	4	75199.28	5.85	Significativo
Residuo	1.029E+05	1	12864.24		
Falta de ajuste	77604.79	3	25868.26	5.11	No significativo
Coef. de correlación total	4.037E+05	12			

Fuente: Desing Expert Tridial (Versión 22.0.2)

Conclusiones

De acuerdo con la evaluación del software Design Expert Trivial 20.0.2, es indispensable ejecutar una secuencia de 13 procesos o tratamientos sobre una bebida energética a partir de una fórmula de ingredientes que incluyen tuna (*Opuntia ficus-indica*), guayusa (*Ilex guayusa*), sales minerales y agua con sus respectivas concentraciones.

Tras realizar exhaustivos análisis físicos-químicos, que abarcaron aspectos como la acidez (%), el pH, los sólidos totales, los grados Brix, la densidad (Kg/m³), las proteínas, y someter la bebida energética resultante a evaluaciones de deseabilidad por parte de un selecto grupo de estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, así como a la evaluación rigurosa del programa Design Expert Trivial 20.0.2, se ha llegado a la conclusión de que el tratamiento 11 (que contiene 70% de pulpa de tuna, 20% de infusión de guayusa, 9% de agua

y 1% de sales) es el más apropiado, ya que fue el que recibió la mayor aprobación por parte de los estudiantes. Asimismo, los análisis de osmolalidad indican que esta bebida cumple con los estrictos requerimientos reguladores establecidos por la FDA (Administración de Alimentos y Fármacos), que prescribe un rango normal de osmolalidad en bebidas energéticas que oscila entre 250 y 600 mOsm/kg, lo cual la hace óptima para su elaboración.

Literatura Citada

Aguilera Garca, C. M., Barberá Mateos, J. M., Días, L. E., Duarte de Prato, A., Gálvez Peralta, J., Gil Hernández, Á., Gómez, S., González Gross, M., Granado Lorenzo, F., Guarner, F., Martínez Agustín, O., Nova, E., Olmedilla Alfonso, B., Pujol Amat, P., Ramos, E., Romeo, J., & Tobal, F. M. (2007). *Alimentos Funcionales. Aproximación a una Nueva Alimentación*

- (Dirección General de Salud Pública y Alimentación). <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-san-pedro-sula/metodos-de-investigacion-iii/alimentos-funcionales-aproximacion-a-una-nueva-alimentacion/22682146>
- Caballero Palacios, J. R., Díaz Alonso, R., Lazcano Rodríguez, M. A., & Tranca Ortuño, R. (2017). *Práctica Dos Densidad* (Práctica de laboratorio 2; p. 9). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://es.scribd.com/document/374652758/Practica-Dos-Densidad>
- Dini-G, E., De Abreu-C, J., & López-M, E. (2004). Osmolalidad de bebidas de consumo frecuente. *Investigación Clínica*, 45(4), 323-335.
- Fernandez, S. (2022). *Modelos de Análisis de la Varianza*. 106.
- Figueroa, A. (2018). *Comparación de electroconducción en las principales bebidas hidratantes del mercado salvadoreño*. <https://docplayer.es/55062251-Comparacion-de-electro-conduccion-en-las-principales-bebidas-hidratantes-del-mercado-salvadoreno-numero-de-candidato.html>
- INEN. (2008). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2411: Bebidas energéticas. Requisitos*. Quito, Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 391: Conservas Vegetales. Jugos de Frutas. Determinación de la densidad relativa*. Quito, Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://es.scribd.com/document/436665257/INEN-Jugo-Densidad>
- INEN. (2017). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2304-1 Refrescos o Bebidas no Carbonatadas. Requisitos*. <https://es.scribd.com/document/537817176/n-te-inen-2304-1>
- Quintero, V., Giraldo, G., & Cortes, M. (2011). Desarrollo de pulpa de mango común tratada enzimáticamente y adicionada con calcio, oligofructosa y vitamina C. *Temas Agrarios*, 16(1), Article 1. <https://doi.org/10.21897/rta.v16i1.684>
- Rosero Gordón, A.L. 2006-2007. Desarrollo y validación de un método analítico por cromatografía líquida de alta resolución para la cuantificación de cafeína de un extracto hidro-alcohólico de Ilex guayusa. Plan de tesis. Laboratorio CIVABI, Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.
- Sánchez, C. E. C., & Gagnay, D. G. M. (2015). *Determinación de Parámetros Físico-Químicos en la Deshidratación de las Hojas de Ilex guayusa para la formulación de una Bebida Energética*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Usme, O. S. D., Rubio, L. F. F., & González, K. P. P. (2019). Lineamientos para el diseño

de una estrategia de comunicación, información y educación en salud orientada a incentivar el consumo informado de bebidas energizantes en universitarios de Bogotá-Colombia. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.26423/rcpi.v7i2.283>