



Caracterización química y microbiológica de un alimento líquido modificado con mezclas de biopolímeros naturales

Chemical and microbiological characterization of a liquid food modified with mixtures of natural biopolymers

Caracterização química e microbiológica de um alimento líquido modificado com misturas de biopolímeros naturais

José Iván Baquerizo-Cabrera ^I

jose.baquerizoc@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0994-0755>

Jorge Jonathan González-Tumbaco ^{II}

jorge.gonzaleztum@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-0386-9306>

Janeth Katherine Zalamea-Cedeño ^{III}

janeth.zalameac@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6300-774X>

José Rafael Santana-Chávez ^{IV}

jose.santana2014@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5249-9876>

Correspondencia: jose.baquerizoc@ug.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 20 de abril de 2025 * **Aceptado:** 17 de mayo de 2025 * **Publicado:** 05 de junio de 2025

- I. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- II. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- III. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- IV. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

Resumen

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar el efecto de diferentes mezclas de biopolímeros naturales (goma xantana, goma guar y carboximetilcelulosa) en las propiedades químicas y microbiológicas de un jugo de piña (*Ananas comosus*), con el fin de determinar su influencia sobre la estabilidad del producto y su posible aplicación como bebida funcional. Se elaboraron varias formulaciones de jugo de piña adicionadas con distintas concentraciones de hidrocoloides. Las variables evaluadas fueron: pH, acidez titulable y recuento de mohos y levaduras. Las determinaciones se realizaron siguiendo normas técnicas ecuatorianas (INEN) y los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA), considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los resultados indicaron que la adición de mezclas de gomas influyó significativamente en los valores de pH y acidez titulable del jugo ($p < 0,05$), observándose un comportamiento diferencial según la combinación y concentración de hidrocoloides. No se detectaron efectos estadísticamente significativos sobre el conteo de mohos y levaduras ($p > 0,05$), lo que sugiere una relativa estabilidad microbiológica. Además, todos los tratamientos presentaron niveles microbiológicos dentro de los límites establecidos por la normativa ecuatoriana.

Palabras clave: Piña; hidrocoloide; goma xantana; goma guar; CMC.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of different mixtures of natural biopolymers (xanthan gum, guar gum, and carboxymethylcellulose) on the chemical and microbiological properties of pineapple (*Ananas comosus*) juice, in order to determine their influence on product stability and its potential application as a functional beverage. Several pineapple juice formulations were prepared with different concentrations of hydrocolloids. The variables evaluated were: pH, titratable acidity, and mold and yeast count. The determinations were performed following Ecuadorian technical standards (INEN), and the data were analyzed by analysis of variance (ANOVA), considering a significance level of $p < 0.05$. The results indicated that the addition of gum mixtures significantly influenced the pH and titratable acidity values of the juice ($p < 0.05$), with differential behavior being observed depending on the combination and concentration of hydrocolloids. No statistically significant effects were detected on mold and yeast counts ($p > 0.05$),

suggesting relative microbiological stability. Furthermore, all treatments showed microbiological levels within the limits established by Ecuadorian regulations.

Keywords: Pineapple; hydrocolloid; xanthan gum; guar gum; CMC.

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes misturas de biopolímeros naturais (goma xantana, goma guar e carboximetilcelulose) nas propriedades químicas e microbiológicas do sumo de ananás (*Ananas comosus*), de forma a determinar a sua influência na estabilidade do produto e a sua potencial aplicação como bebida funcional. Foram preparadas diversas formulações de sumo de ananás com diferentes concentrações de hidrocolóides. As variáveis avaliadas foram: pH, acidez titulável e contagem de fungos e leveduras. As determinações foram realizadas seguindo as normas técnicas equatorianas (INEN), e os dados foram analisados por análise de variância (ANOVA), considerando um nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados indicaram que a adição de misturas de gomas influenciou significativamente os valores de pH e acidez titulável do sumo ($p < 0,05$), tendo sido observado um comportamento diferencial em função da combinação e concentração de hidrocolóides. Não foram detetados efeitos estatisticamente significativos nas contagens de fungos e leveduras ($p > 0,05$), sugerindo uma relativa estabilidade microbiológica. Além disso, todos os tratamentos apresentaram níveis microbiológicos dentro dos limites estabelecidos pela regulamentação equatoriana.

Palavras-chave: Ananás; hidrocolóide; goma xantana; goma guar; CMC.

Introducción

La estabilidad fisicoquímica y microbiológica de los alimentos líquidos representa uno de los principales desafíos en la industria alimentaria contemporánea, especialmente en productos elaborados a partir de frutas tropicales altamente perecederas, como el jugo de piña (*Ananas comosus*) (Moreira et al., 2025). Este tipo de matrices alimentarias es particularmente susceptible a alteraciones por procesos de oxidación, separación de fases, fermentación indeseada y proliferación microbiana, lo cual afecta directamente su vida útil e inocuidad (Rosero et al., 2024). Frente a esta problemática, el empleo de aditivos naturales como los biopolímeros y en especial los hidrocolóides se ha convertido en una estrategia tecnológica efectiva para mejorar la estabilidad, textura y conservación de estos productos (Gao et al., 2024).

Los hidrocoloides como la goma xantana, la goma guar y la carboximetilcelulosa (CMC) son polímeros hidrosolubles que, al interactuar con los componentes de alimentos líquidos, modifican sus propiedades reológicas, reducen la sedimentación de partículas (Cornejo et al., 2019; Martínez et al., 2025). Estas sustancias, además de ser reconocidas como seguras por organismos regulatorios internacionales, son compatibles con formulaciones limpias, lo cual responde a la creciente demanda de los consumidores por productos naturales y con menor carga química (Laz et al., 2018). En consecuencia, su incorporación en jugos de frutas ha sido ampliamente investigada como alternativa tecnológica para conservar la calidad durante el almacenamiento sin recurrir a tratamientos térmicos intensivos.

En cuanto a la goma xantana y la goma guar, diversos autores han reportado su capacidad para encapsular ácidos orgánicos y otros compuestos, lo que puede modificar el pH y la acidez titulable de las bebidas, factores determinantes en la estabilidad microbiológica y sensorial (Flores et al., 2023). Por su parte, la carboximetilcelulosa (CMC) ha sido ampliamente utilizada en productos basados en frutas por su eficacia como espesante y estabilizante, contribuyendo a la formación de redes gelificadas que retienen agua y sólidos en suspensión (Wandanu et al., 2023). La elección y combinación adecuada de estos biopolímeros permite diseñar matrices alimentarias con propiedades reológicas y microbiológicas optimizadas, adaptadas a las exigencias del mercado y la normativa vigente (Martínez et al., 2025).

Sin embargo, a pesar de los avances en la aplicación de biopolímeros, existe una escasez de estudios integrales que evalúen de forma simultánea los efectos combinados de mezclas de hidrocoloides sobre parámetros químicos y microbiológicos en jugos de frutas altamente perecederas (Muhammad et al., 2025). Particularmente, se desconoce en qué medida estas combinaciones afectan variables críticas como el pH, la acidez titulable y el recuento de mohos y levaduras, todos ellos indicadores clave de calidad, seguridad e integridad del producto (Castulovich & Franco, 2018; Flores et al., 2024).

Desde el punto de vista microbiológico, la mayoría de los estudios se ha centrado en la funcionalidad tecnológica de los hidrocoloides, existiendo un creciente interés en comprender cómo estos compuestos pueden contribuir a la conservación microbiológica de los jugos, ya sea mediante la reducción de la actividad acuosa o por la formación de barreras físicas que dificulten la proliferación microbiana (Díaz et al., 2024). Sin embargo, los resultados reportados son variables

y dependen tanto del tipo y concentración de hidrocoloide utilizado como de las condiciones de almacenamiento y la composición inicial del jugo.

El uso de mezclas sinérgicas de hidrocoloides puede ofrecer ventajas adicionales frente a la utilización individual de cada polímero, debido a que podrían generar redes tridimensionales más estables que potencien el efecto espesante y antimicrobiano, así como mejorar la textura y la apariencia del producto final (Razavi & Alghooneh, 2020). No obstante, el comportamiento de estos sistemas es altamente dependiente de las concentraciones utilizadas, la interacción con los componentes del jugo y las condiciones de procesamiento, por lo que resulta esencial caracterizarlos adecuadamente (Mezreli et al., 2024).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar química y microbiológicamente un jugo de piña modificado con mezclas de goma xantana, goma guar y carboximetilcelulosa, evaluando las variables de pH, acidez titulable y recuento de mohos y levaduras. Se pretende aportar evidencia científica sobre el efecto combinado de estos biopolímeros en la estabilidad y seguridad de matrices líquidas, contribuyendo al diseño de alimentos innovadores, sostenibles y alineados con las demandas actuales de la industria y los consumidores. Los resultados de esta investigación permitirán profundizar en la comprensión de los mecanismos de acción de los hidrocoloides en sistemas alimentarios complejos y ofrecerán herramientas para optimizar la formulación y conservación de jugos de frutas, con especial énfasis en su calidad fisicoquímica y microbiológica.

Metodología

Las muestras de piña fueron seleccionadas y transportadas a un taller especializado de productos hortofrutícolas, posteriormente fueron lavadas y desinfectadas según las normativas establecidas. Mediante el uso de utensilios de acero inoxidable, la pulpa fue extraída para su licuado mecánico junto a una cantidad determinada de agua. El resultante procesado se filtró para obtener un jugo sin restos de bagazo.

Todas las formulaciones se sometieron a un proceso térmico de pasteurización a 63 °C por 30 minutos, adicionando las mezclas de hidrocoloides junto a los demás ingredientes como sacarosa. Los tratamientos se envasaron en botellas de vidrio esterilizadas y almacenadas a una temperatura de 4 °C.

Los tratamientos elaborados se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Goma Xantana 0,05 % - CMC 0,05 %
T2	Goma Xantana 0,075 % - CMC 0,025 %
T3	Goma Xantana 0,05 % - Guar 0,05 %
T4	Goma Xantana 0,075 % - Guar 0,025 %
T0	Testigo sin hidrocoloides

Para la presente investigación fue aplicado un diseño bifactorial de $axb+1$ con 4 tratamientos más un testigo y 3 réplicas, para tener un total de 15 unidades experimentales. Los resultados se procesaron en el software IBM SPSS Statistics 27.

Fueron realizados caracterización de las siguientes variables a evaluar:

pH: La medición del pH se realizó siguiendo el procedimiento descrito en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1842: PRODUCTOS VEGETALES Y DE FRUTAS – DETERMINACIÓN DE pH (INEN, 2013a). Para ello, se utilizó un potenciómetro de mesa (Ohaus, modelo Starter 3100), calibrado previamente.

Se tomaron 40 mL de jugo de piña utilizando una balanza analítica (Ohaus, modelo PA4202), y se transfirieron a un vaso de precipitación, donde se agitaron suavemente para homogeneizar la muestra. A continuación, se insertaron cuidadosamente los electrodos del potenciómetro en el líquido, evitando el contacto con las paredes del recipiente para asegurar una lectura precisa. Cada medición se repitió tres veces sobre la misma muestra para garantizar la reproducibilidad de los resultados.

Acidez titulable: Se llevó a cabo conforme a la metodología descrita en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 009: Leche. Determinación de la acidez titulable (INEN, 2012), adaptada para su aplicación en matrices líquidas vegetales. Para este análisis se utilizaron matraces Erlenmeyer, pipetas y una bureta.

Inicialmente, la muestra fue acondicionada a una temperatura de 20 °C para asegurar su homogeneización. El matraz Erlenmeyer se lavó previamente con detergente biodegradable y enjuagado con agua destilada, secándose posteriormente en una estufa de convección forzada (Memmert, modelo UN-110) a 103 °C \pm 2 °C durante 30 minutos.

Luego, se transfirieron 5 gramos del jugo al matraz, diluyéndose con 50 mL de agua destilada. A continuación, se añadió 1 mL de fenolftaleína como indicador ácido-base. La muestra se tituló

mediante agitación constante con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N, hasta observar la aparición de una coloración rosada persistente. Finalmente, se registró el volumen exacto de solución alcalina consumida mediante la lectura de la bureta.

Mohos y levaduras: Se empleó agar papa dextrosa y se dejó incubar durante dos días a una temperatura de 25 °C. Las colonias se contabilizaron. (Inen, 2013b).

Resultados

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA), a partir del cual se determinó que tanto el pH como la acidez titulable mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), indicando que dichas variables fueron influenciadas por las condiciones aplicadas. En contraste, los valores obtenidos para el recuento de mohos y levaduras no evidenciaron variaciones significativas ($p > 0,05$), lo que sugiere que los tratamientos evaluados no tuvieron un efecto notable sobre la carga microbiana fúngica del jugo.

Tabla 2. Resúmenes resultados ANOVAS

Parámetro	Tipo hidrocoloide	Porcentaje hidrocoloide	Interacción Tipo*porcentaje hidrocoloide
pH	<0,01*	<0,01*	0,03*
Acidez	<0,01*	<0,01*	<0,01*
Mohos y levaduras	0,358 ^{NS}	0,447 ^{NS}	0,275 ^{NS}
* = Significativo NS = No significativo			

En relación al pH, según se detalla en la tabla 3 de los subgrupos homogéneos conforme al método de Tukey, todos los tratamientos exhibieron valores superiores de pH frente al testigo.

Tabla 3. Subconjuntos homogéneos de Tukey parámetro pH

Tipo de hidrocoloide	Subconjuntos pH		
	1	2	3
Sin hidrocoloide (testigo)	3,78		
Goma xantana-cmc		3,90	
Goma xantana-guar			4,14 ^{MT}
% hidrocoloide	Subconjuntos pH		
	1	2	
0 %	3,78		
0,075%-0,025%		4,14 ^{MT}	

0,05%-0,05%	3,90
MT = Mejor tratamiento	

En la tabla 4 es observable, que el tipo de gomas naturales y sus concentraciones modifican la acidez de la bebida; además, la goma xantana y goma guar percibieron menores variaciones en esta variable.

Tabla 4. Subconjuntos homogéneos de Tukey parámetro acidez

Tipo de hidrocoloide	Subconjuntos acidez		
	1	2	3
Sin hidrocoloide (testigo)	0,39		
Goma xantana-cmc		0,22	
Goma xantana-guar			0,13 ^{MT}
% hidrocoloide	Subconjuntos acidez		
	1	2	
0 %	0,39		
0,075%-0,025%		0,13 ^{MT}	
0,05%-0,05%		0,22	
MT = Mejor tratamiento			

Como se muestra en la Tabla 5, ni el tipo de biopolímero utilizado ni su concentración generaron variaciones en los niveles de coliformes totales. Asimismo, todos los tratamientos evaluados presentaron valores que se mantienen dentro de los límites establecidos por la normativa sanitaria ecuatoriana vigente.

Tabla 5. Subconjuntos homogéneos de Tukey parámetro mohos y levaduras

Tipo de hidrocoloide	Subconjunto mohos y levaduras
	1
Sin hidrocoloide (testigo)	0,31
Goma xantana-cmc	0,15 ^{MT}
Goma xantana-guar	0,19
% hidrocoloide	1
0 %	0,31
0,075%-0,025%	0,19
0,05%-0,05%	0,15 ^{MT}
MT = Mejor tratamiento	

Discusión

Los resultados obtenidos en la caracterización química y microbiológica del jugo de piña modificado con mezclas de goma xantana, goma guar y carboximetilcelulosa (CMC) evidencian el impacto positivo de estos biopolímeros sobre la estabilidad del producto.

En investigaciones previas, se ha documentado que la goma xantana presenta una notable estabilidad como agente espesante en medios ácidos, manteniendo su funcionalidad en rangos de pH de 2,5 a 11,0, lo que la convierte en un hidrocoloide adecuado para jugos de frutas de baja acidez como el de piña o maracuyá (Boonditsataporn & Vatthanakul, 2022). Por el contrario, la CMC muestra una mayor sensibilidad a valores de pH bajos; en condiciones ácidas ($\text{pH} < 3$), la CMC tiende a despolimerizarse y precipitar, perdiendo su capacidad espesante y afectando la estabilidad del sistema (Kumari & Sharma et al., 2024). Esto implica que, en formulaciones donde predomina la goma xantana sobre la CMC, el pH se mantiene más estable y la viscosidad es mayor, mientras que un incremento de CMC puede resultar en una disminución del pH y una menor estabilidad reológica.

En contraste, estudios realizados en jugos de frutas tropicales como el de maracuyá han reportado que la goma xantana, incluso en bajas concentraciones, mantiene la estabilidad del pH durante el almacenamiento, evitando la precipitación y la separación de fases (Laz et al., 2018), a diferencia de la CMC que solo es efectiva como estabilizante en un rango de pH más neutro (Guo et al., 2021). En el caso específico del jugo de piña, se ha observado que la adición de hidrocoloides como pectina también puede reducir el pH, debido a la presencia de grupos carboxilo que al hidrolizarse generan ácidos orgánicos, incrementando la acidez del sistema (Hariadi et al., 2023).

Respecto a la acidez titulable, los resultados de este y otros estudios indican que la incorporación de biopolímeros puede modular este parámetro, aunque el efecto depende de la naturaleza del hidrocoloide y de la matriz alimentaria (Ağagündüz et al., 2023). En mezclas de jugos de piña con otros ingredientes, se ha reportado que la acidez titulable tiende a disminuir con el aumento de la proporción de jugo de piña, pero puede incrementarse cuando se adicionan hidrocoloides con grupos ácidos libres, como la pectina o la CMC (Wandanu et al., 2023). Lo que resaltan los valores de la presente investigación donde los mayores valores de acidez lo mostraron los tratamientos con CMC.

En cuanto al recuento de mohos y levaduras los biopolímeros pueden ejercer un efecto indirecto sobre la estabilidad microbiológica, probablemente al reducir la actividad acuosa y crear una matriz más densa que limita la movilidad y disponibilidad de nutrientes para los microorganismos (Nur'Abidah et al., 2023). Estudios recientes han señalado que los hidrocoloides pueden encapsular compuestos bioactivos como polifenoles y antocianinas, los cuales poseen actividad antimicrobiana y contribuyen a la inhibición del crecimiento microbiano (Flores et al., 2023). La reducción del crecimiento de mohos y levaduras mediante la modificación de la matriz con hidrocoloides puede contribuir a la inocuidad y conservación de los jugos, aunque no sustituye la aplicación de tratamientos térmicos o la adición de conservantes cuando sea necesario, es fundamental considerar que el efecto antimicrobiano de los biopolímeros es indirecto y puede variar según las condiciones de almacenamiento y la carga microbiana inicial (Díaz et al., 2024). Lo que se enmarca en la presente investigación que no presentó significancia en la variable microbiológica debido a la poca carga inicial de la bebida al ser pasteurizada y almacenada con una correcta cadena de frío.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la incorporación de mezclas de biopolímeros naturales, particularmente goma xantana, goma guar y CMC en jugos de piña tiene un impacto significativo sobre los parámetros químicos del producto, como el pH y la acidez titulable. Estos cambios evidencian que la formulación con hidrocoloides permite modificar la acidez del medio, lo cual podría estar relacionado con la interacción entre los componentes del jugo y las propiedades fisicoquímicas de los polímeros.

Desde el punto de vista microbiológico, los recuentos de mohos y levaduras se mantuvieron estables, sin diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que las mezclas de hidrocoloides no promueven el desarrollo de estos microorganismos. Además, la ausencia de coliformes fuera del rango normativo confirma que el proceso de elaboración y las condiciones de tratamiento fueron adecuadas para mantener la inocuidad del producto.

Sin embargo, una de las principales limitaciones del estudio fue el enfoque en una evaluación puntual sin considerar el comportamiento de las formulaciones a lo largo del tiempo. Por tanto, se recomienda la realización de estudios complementarios que incluyan ensayos de vida útil, análisis

reológicos, y pruebas sensoriales que permitan evaluar la aceptación del producto en condiciones reales de mercado.

En conjunto, esta investigación aporta evidencia relevante sobre la aplicabilidad de los hidrocoloides naturales en la estabilización de bebidas funcionales y sienta las bases para su implementación en sistemas de producción artesanal o industrial, contribuyendo a la diversificación e innovación en el sector de alimentos líquidos tropicales.

Referencias

1. Ağagündüz, D., Özata-Uyar, G., Kocaadam-Bozkurt, B., Özturan-Şirin, A., Capasso, R., Al-Assaf, S., & Özoğul, F. (2023). A comprehensive review on food hydrocolloids as gut modulators in the food matrix and nutrition: The hydrocolloid-gut-health axis. *Food Hydrocolloids*, 145, 109068. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109068>
2. Boonditsataporn, L., & Vatthanakul, S. (2022). Effect of carboxymethylcellulose and xanthan gum on the physicochemical and sensory properties of passion fruit topping sauces. *International Journal of Agricultural Technology*, 18(1), 35-48.
3. Castulovich, B., & Franco, J. (2018). Efecto de agentes estabilizantes en jugo de piña (*Ananas comosus*) y coco (*cocos nucifera* L.) edulcorado. *Prisma tecnologico*, 9(1). <http://orcid.org/0000-0002-9879-0455>
4. Cornejo Reyes, G. V., Marinero Orantes, E. A., Funes Guadrón, C. R., & Toruño, P. J. (2019). Biopolímeros para uso agro industrial: Alternativa sostenible para la elaboración de una película de almidón termo plástico biodegradable. *Revista iberoamericana de Bioeconomía y cambio climatico*, 6(11), 1359-1387. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.347480>
5. Díaz Campozano, E. G., Nájera Campos, D. A., Proaño, M. Y., Erazo Solórzano, C. Y., Coello León, E. C., & Vera Chang, J. F. (2024). Comparación de las gomas xantana y guar en las propiedades de una bebida de naranjilla. *Dominio De Las Ciencias*, 10(2), 849–863. <https://doi.org/10.23857/dc.v10i2.3834>
6. Flores, F. M. Z., Cedeño, M. C. R., Mendoza, V. Y. P., Mendoza, A. N. C., Becerra, N. M. Q., & Briones, D. K. C. (2024). Desarrollo y evaluación de un jugo de naranjilla, dosificado con gomas naturales. *Dominio de las Ciencias*, 10(2), 60-73.
7. Flores-Loor, E. L., Plúa-Ortíz, B. A., Sánchez-Plaza, F. A., Cevallos-Cedeño, R. E., Díaz-Campozano, E. G., & Vaca-Martínez, L. Y. (2023). Influencia de las gomas naturales carragenina y xanthan como estabilizantes en el jugo de tamarindo (*Tamarindus indica*).

- Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación. ISSN: 2737-6249., 6(12), 93-109. <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12.0106>
8. Gao, X., Pourramezan, H., Ramezan, Y., Roy, S., Zhang, W., Assadpour, E., ... & Jafari, S. M. (2024). Application of gums as techno-functional hydrocolloids in meat processing and preservation: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131614. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131614>
 9. Guo, Y., Wei, Y., Cai, Z., Hou, B., & Zhang, H. (2021). Stability of acidified milk drinks induced by various polysaccharide stabilizers: A review. *Food Hydrocolloids*, 118, 106814. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106814>
 10. Hariadi, H., Surahman, D. N., Astro, H. M., Anggara, C. E. W., Haryanto, A., Susilo, A., ... & Asbur, Y. (2023). The Effect of Pineapple Juice Concentration (*Ananas comosus* L.) and Pectin Concentration on Pineapple Milk Powder Characteristics. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 69, p. 03004). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236903004>
 11. INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización). (2013b). Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-10-1.pdf
 12. INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización). (2012). Leche. Determinación de acidez titulable. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/13.pdf>
 13. INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización). (2013a). Productos vegetales y de frutas. Determinación de pH. <https://www.studocu.com/ph/document/university-of-st-lasalle/agriculture/inen-1842-productos-vegetales-y-de-frutas-determinacion-de-p-h-idt/65958580>
 14. Kumari, S., & Sharma, S. P. (2024). Effect of different stabilizers on the physiochemical and sensory characteristics of Sea buckthorn berry, Ready-to-serve (RTS) beverage. *Journal of Applied & Natural Science*, 16(4). <https://doi.org/10.31018/jans.v16i4.5125>
 15. Laz, M., Tuárez, M., Bermello, S., & Díaz, E. (2018). Evaluación fisicoquímica en jugo de maracuyá con diferentes concentraciones de hidrocoloides. *Revista ESPAMCIENCIA*, 9(2), 119-123. http://190.15.136.171/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/162/170
 16. Martínez-Estrada, L. G., Gomez-Guzman, O., Flores-Hernandez, C. G., Martínez-Hernández, A. L., & Saucedo-Rivalcoba, V. (2025). Biopolímeros como empaques alternativos de alimentos. Una revisión. *Tendencias en energías renovables y sustentabilidad*, 4(1), 7-11.

17. Mezreli, G., Kurt, A., Akdeniz, E., Ozmen, D., Basyigit, B., & Toker, O. S. (2024). A new synergistic hydrocolloid with superior rheology: Locust bean/xanthan gum binary solution powdered by different drying methods. *Food Hydrocolloids*, 154, 110078. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110078>
18. Moreira Macías, R., Cortez Espinoza, A., Díaz Campozano, E., & Di Mattia Castro, G. (2025). Análisis fisicoquímico de una bebida energética formulada a partir de cáscara de piña (*Ananas comosus*) y avena (*Avena sativa*). *Polo del Conocimiento*, 10(1), 2111-2124. <https://doi.org/10.23857/pc.v10i1.8800>
19. Muhammad, A. I., Rilwan, A., Nouruddeen, Z. B., Ejiohuo, O., & Al-Habsi, N. (2025). Enhancing the Sensory Quality, Stability, and Shelf Life of Baobab Fruit Pulp Drinks: The Role of Hydrocolloids. *Polymers*, 17(10), 1396. <https://doi.org/10.3390/polym17101396>
20. Nur'Abidah, F., Haryanti, P., & Karseno, K. (2023). Physicochemical and Sensory Characteristics of Black Grass Jelly Drink on Variations in Type and Concentration of Hydrocolloids. *Indonesian Journal of Food Technology*, 2(1), 39-55. <https://doi.org/10.20884/1.ijft.2023.2.1.7368>
21. Razavi, S. M., & Alghooneh, A. (2020). Understanding the physics of hydrocolloids interaction using rheological, thermodynamic and functional properties: A case study on xanthan gum-cress seed gum blend. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151, 1139-1153. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.158>
22. Rosero-Rojas, aime A., Topa-Chuquitarco, C. P., Gavilanes-López, P. I., Reinoso-Baque, I. M., Santos-Fálconez, M. C., & Díaz-Campozano, E. G. (2024). EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA DEL NÉCTAR DE TAMARINDO (*TAMARINDUS INDICA*) CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ESTABILIZANTES. *REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA ARBITRADA YACHASUN - ISSN: 2697-3456*, 8(15), 762-771. <https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/539>
23. Wandanu, F., Hatta, W., & Nahariah, N. (2023). Quality of ready to drink cow's milk purple sweet potato (*Ipomea batatas* L.) juice with CMC (carboxymethyl cellulose) stabilizer during cold storage. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2628, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0144546>