



Bebidas carbonadas a partir de tubérculos: Innovación, procesos y beneficios

Carbonated drinks from tubers: Innovation, processes and benefits

Elizabeth Mercedes Dionicio-Varas ^{a,*}

^a Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

* Autor correspondiente: Elizabeth. Dionicio Varas [elidioniciovaras@gmail.com | <https://orcid.org/0009-0005-0983-7303>]

Resumen

Las bebidas carbonatadas, populares por sus características sensoriales y ampliamente consumidas a nivel mundial, enfrentan críticas debido a los problemas de salud asociados con su consumo excesivo. Este estudio explora la implementación de tubérculos en la producción de bebidas carbonatadas como una alternativa innovadora y más saludable. Los tubérculos, ricos en nutrientes y con propiedades beneficiosas, podrían diversificar el mercado de bebidas carbonatadas, ofreciendo opciones más nutritivas y sostenibles. Se analizan las variedades de tubérculos, sus beneficios nutricionales y ambientales, y los desafíos técnicos y de aceptación del mercado. La investigación propone un método de preparación que incluye la selección, extracción de jugo, estandarización de pH, pasteurización, mezclado, tamizado, enfriado y carbonatación. Los resultados sugieren que la integración de tubérculos en la producción de bebidas carbonatadas no solo mejora el perfil nutricional de las bebidas, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental mediante la reducción de desperdicios y el secuestro de carbono. Las futuras investigaciones deben centrarse en optimizar los procesos y superar las barreras técnicas para asegurar la aceptación del mercado y maximizar los beneficios nutricionales y ambientales.

Palabras clave: bebidas carbonatadas; tubérculos; carbonatación; salud.

Abstract

Carbonated beverages, popular for their sensory characteristics and widely consumed globally, face criticism due to health problems associated with their excessive consumption. This study explores the implementation of tubers in the production of carbonated beverages as an innovative and healthier alternative. Tubers, rich in nutrients and with beneficial properties, could diversify the carbonated beverage market, offering more nutritious and sustainable options. Tuber varieties, their nutritional and environmental benefits, and technical and market acceptance challenges are analyzed. The research proposes a preparation method that includes selection, juice extraction, pH standardization, pasteurization, mixing, sieving, cooling and carbonation. The results suggest that the integration of tubers in the production of carbonated drinks not only improves the nutritional profile of the drinks, but also contributes to environmental sustainability by reducing waste and sequestering carbon. Future research should focus on optimizing processes and overcoming technical barriers to ensure market acceptance and maximize nutritional and environmental benefits.

Keywords: carbonated beverages; tubers; carbonation; health.



1. Introducción

Las bebidas carbonatadas son consideradas como bebidas no alcohólicas que contienen azúcar y dióxido de carbono (Darsamo & Walbeek, 2023), cumplen un papel decisivo en el mercado actual a causa de su popularidad y su significativo grado de consumo a nivel mundial (Pelchat et al., 2014). El procesamiento de carbonatación cumple funciones importantes como la mejora de las características sensoriales de las bebidas, liberación de aromas y sensación en la boca, así mismo aporta a prolongar la vida útil de productos como son las bebidas de yogur endulzado (Hemanth et al., 2020).

A pesar de los problemas de salud asociados con el consumo excesivo, las bebidas carbonatadas siguen siendo fundamentales en la industria de las bebidas, y se anticipa que su consumo aumentará en los próximos años (Viejo et al., 2019). En la actualidad, en Occidente, el consumo de estas bebidas es parte integral de la dieta (Khalid, 2024). Es crucial que minoristas y fabricantes comprendan e incorporen en sus estrategias de marketing los múltiples factores que influyen en las preferencias de los consumidores por bebidas carbonatadas y no carbonatadas. Aspectos como el sabor, la posición de la marca y el precio desempeñan un papel crucial en estas preferencias (Pelchat et al., 2014). Además, las preferencias de los consumidores están cambiando, con una creciente inclinación hacia bebidas a base de frutas en lugar de las carbonatadas, impulsada por una mayor conciencia sobre la salud y cambios en los hábitos de consumo (Wendrick et al., 2021).

La inclusión de tubérculos en la elaboración de bebidas carbonatadas ha diversificado las opciones para integrar diferentes alimentos en este proceso. Los tubérculos, como tallos subterráneos que almacenan nutrientes y energía, son frecuentemente utilizados en la industria de bebidas. Ejemplos de estos tubérculos incluyen el gastrodia, la mashua morada y la alcachofa. El tubérculo de gastrodia se emplea en la preparación de una bebida saludable con propiedades medicinales, beneficiosa para la hidratación y el fortalecimiento del sistema inmunológico (Lan Chin et al., 2012). La mashua morada se utiliza tras un proceso de pasteurización para producir una bebida rica en antioxidantes, compuestos fenólicos y flavonoides, lo cual aumenta su popularidad entre los consumidores (Bradshaw & Bonierbale, 2010). Por otro lado, los tubérculos de alcachofa se destilan para usarlos en la producción de bebidas alcohólicas, valorados por su singular sabor y aroma, cumpliendo con los estándares de calidad de la industria (Solovyov et al., 2022). Estos tubérculos, junto con la batata y la yuca, desempeñan un papel fundamental en la producción global de bebidas

debido a sus diversos sabores y múltiples beneficios para la salud (Velásquez-Barreto et al., 2020).

El objetivo de esta investigación es presentar la implementación de un método innovador para la elaboración de bebidas carbonatadas a partir de tubérculos, con el fin de contribuir a la reducción de las diversas enfermedades asociadas con el alto consumo de estas bebidas carbonatadas.

2. Metodología

Se empleó una metodología de revisión narrativa, realizando un análisis de la literatura científica disponible sobre el tema investigado. Los buscadores utilizados fueron SciELO y Scopus, mediante palabras claves en español (bebidas carbonatadas, tubérculos, carbonatación, salud) e inglés (carbonated beverages, tubers, carbonation, health). Además de hizo la utilización del software VosViewer para análisis de coautoría, tomando como unidad los países.

La investigación se enfocó en artículos publicados entre 2004 y 2024, y el periodo de búsqueda abarcó desde mayo hasta agosto de 2024.

3. Resultados y discusión

3.1. Innovación en bebidas carbonatadas a partir de tubérculos

3.1.1. Historia y desarrollo

Las bebidas carbonatadas, comúnmente conocidas como refrescos, surgieron en el siglo XIX, poco después de que se perfeccionara el proceso para producir agua mineral con gas de manera artificial. La primera producción de bebida carbonatada como agua mineral tuvo lugar en Suiza en 1783 (Bint-E-Zahra et al., 2019). Las bebidas carbonatadas comerciales hicieron su debut en 1884, cuando un farmacéutico en Lisbon Falls, Estados Unidos, creó una bebida llamada "Moxie". Poco después, surgieron productos similares, entre ellos Coca-Cola y Pepsi-Cola (Tahmassebi & BaniHani, 2020).

Ya en el siglo XX, estas bebidas caracterizadas por su dulzura, burbujeo y efecto refrescante se convirtieron en una opción atractiva para quienes buscaban alternativas al consumo de alcohol, cuya popularidad iba en aumento (Rao & Guha, 2022). Con el tiempo, las bebidas carbonatadas fueron ganando la aceptación del consumidor y superaron en consumo a las bebidas alcohólicas. Actualmente, son una de las bebidas más populares a nivel mundial, con una gran parte de la población consumiéndolas a diario. Esto las convierte en un componente significativo de la ingesta energética diaria (Cuomo et al., 2014). Así también, la industria de las bebidas carbonatadas ha ido en crecimiento, mediante la entrada de nuevos sabores, con opciones bajas en calorías y tácticas de diversificación, como lo ejemplifica la dispersión global de Coca-Cola Company (Liu, 2021).

Sin embargo, estas bebidas carbonatas tienen una peculiaridad frente a su consumo, debido a que son causantes de posibles efectos negativos en la salud de las personas (Pawan Kumar & Dhanraj, 2017). El consumo de estas bebidas está incrementando y ha desplazado a bebidas más nutritivas como la leche en la dieta de los jóvenes (Feferbaum et al., 2012), lo que agrava condiciones como el reflujo gastroesofágico, la dispepsia y la flatulencia (Jeena et al., 2024). Además, el consumo excesivo puede llevar a un aumento del índice de masa corporal (IMC) y a la obesidad (Jones et al., 2023). Asimismo, tanto la obesidad como el aumento del IMC incrementan la frecuencia y empeoran los síntomas del reflujo gastroesofágico, dañando la mucosa del esófago (Ignjatović et al., 2012).

En cuanto a la producción científica sobre el consumo de bebidas carbonatadas Estados Unidos ocupa el primer lugar con 135 artículos publicados en revistas de alto impacto (Figura 1a). Este país junto con Brasil (31) en cuanto a territorio americano hacen un recuento de 166 publicaciones científicas, mientras que Reino Unido (66), Australia (48), España (43) y Italia (30) son territorios europeos que centran sus investigaciones en el consumo de bebidas carbonata con un total de 187 publicaciones científicas, convirtiéndose el continente europeo el que lidera el mundo. Por otro lado, Estados Unidos ha constituido redes de colaboración directa con Reino Unido, China,

Australia, España, India, Corea del Sur, Brasil, Italia e Irán (Figura 1b), incrementando su investigación científica y aportando a la de los otros países. Se confía que los países con la mayor investigación establezcan redes de colaboración con los países de América y África, que tienen un alto consumo de bebidas carbonatadas.

Por otra parte, debido a la creciente preferencia del consumidor por optar en bebidas alternativas más saludables a las bebidas carbonatas industriales (Contreras-López et al., 2021), muchos investigadores plantean la idea de innovar estas bebidas con la implementación de frutas, verduras y tubérculos, los cuales son una excelente fuente para la elaboración de bebidas mucho más saludables y naturales (Cámara et al., 2022).

Con respecto a la elaboración de bebidas carbonatadas a partir de tubérculos, los primeros experimentos se remontan a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, cuando los científicos empezaron a indagar sobre los posibles usos de las diferentes fuentes de carbohidratos para la obtención de dióxido de carbono y la producción de bebidas efervescentes (van der Hoorn & Klemenčič, 2021). En la actualidad las empresas no hacen uso de tubérculos para la preparación de sus bebidas, sin embargo, si emplean un contenido mínimo de jugo de fruta acompañado de los ingredientes esenciales para una bebida carbonatada (Morales-de la Peña et al., 2016).

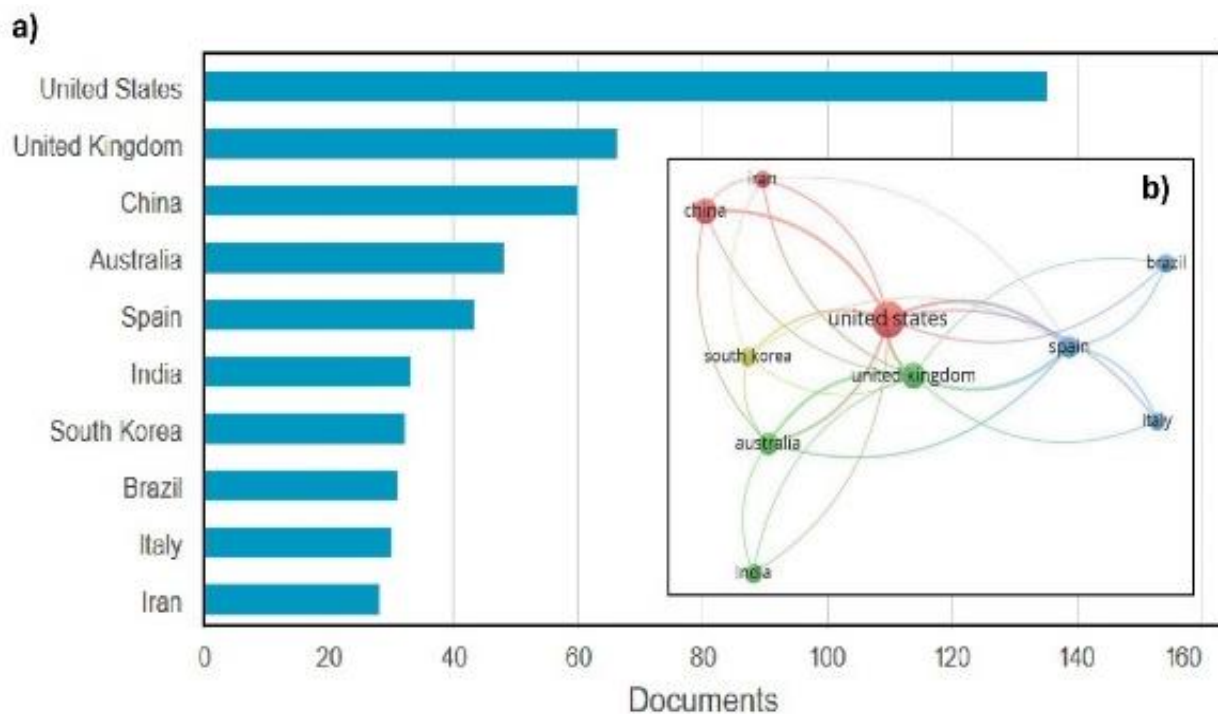


Figura 1. Producción científica por país (Fuente: Scopus; TITLE-ABS-KEY (carbonated AND beverages) AND TITLE-ABS-KEY (consumption). a. Número de documentos por país, b. Mapa de coautoría generado con VosViewer (<https://www.vosviewer.com/>) (Unidad de análisis: Países; Visualización; Documentos).

A pesar de ello, varios investigadores han comenzado a desarrollar bebidas carbonatadas de diferentes alimentos tales como, López et al. (2020) que desarrollaron una bebida carbonatada a partir de trigo orgánico cultivado por ellos mismos, su proyecto trato en la realización y evaluación de siete muestras de jugo de pasto de trigo, teniendo como resultado que los tratamientos con y sin clarificación más Stevia y CO₂ eran los que tenían atributos y aceptación similar. Por otro lado, Gaona-Gonzaga et al. (2019) elaboraron bebidas carbonatadas con pulpa natural de naranjilla con tres concentraciones de pulpa diferentes, tres concentraciones de edulcorante natural Stevia y agua, consiguiendo como resultado una bebida carbonatada con formulación adecuada dentro del margen de la normativa ecuatoriana.

3.1.2. Variedades de tubérculos utilizados

En la actualidad aún no se han realizado bebidas carbonatadas a partir de tubérculos, sin embargo, las investigaciones proponen a la batata (camote) (Cámara et al., 2022), la yuca (Robles-Zepeda et al., 2013), e inclusive algunos tubérculos silvestres (*Ambrosia confertiflora* y *A. ambroioides*) con propiedades antimicrobianas y alto potencial en fermentados y carbonatados, como una alternativa en la elaboración de bebidas carbonatadas, debido a su alto contenido de carbohidratos que le otorga características que particulares para poder ser participe de procesos de fermentación y carbonatación (Fiorda et al., 2017).

3.1.3. Motivaciones para el uso de tubérculos

Dentro del marco de la sostenibilidad los tubérculos son importantes debido a que participan en la reducción de los impactos negativos en el medio ambiente. Ello se debe a sus características notables

como cultivo, puesto que mejoran la salud de los suelos y soportan diversas condiciones climáticas, un claro ejemplo son los cultivos de papa y camote, tolerantes a suelos pobres y condiciones de sequía (Gweyi-Onyango et al., 2021). Otra característica de este cultivo es que en sus raíces se asocian las bacterias tuberosas, que apoyan al enriquecimiento del suelo con nitrógeno creando cambios positivos en la composición de nutrientes inorgánicos en el suelo (Kabaeva & Kurmekesh, 2021).

Con respecto a su funcionalidad nutritiva los tubérculos andinos, tales como la papa y el camote, tienen un papel importante dentro de la nutrición y salud (Roca & Manrique, 2005). Al igual que ellos, la yuca, oca, mashua, malanga y cúrcuma también son importantes en la formación de valor agregado en la cadena productiva (Cabrera Arrobo et al., 2023). En la Tabla 1, se registran las composiciones nutricionales de varios tubérculos, que son reconocidos por su contribución alimenticia, siendo factores claves para abordar problemas de desnutrición (Dereje & Chibuzo, 2021).

Por otro lado, la aplicación de tubérculos como insumos de bebidas carbonatadas generaría una diversificación de sabores en estas bebidas, debido a que estos tipos de alimentos cuentan con muchas variedades que involucran colores, formas y sabores (Cabrera Arrobo et al., 2023), además sus características físicas y nutricionales son en su mayoría quienes determinan su sabor (Morris et al., 2007). En el caso de las papas, el medio de cultivo de forma convencional u orgánico no impacta significativamente en el sabor (Loyola L et al., 2010). Con respecto a *Oxalis tuberosa*, su variabilidad genética y características morfológicas y moleculares si contribuyen de manera significativa en el sabor (Morillo C et al., 2019).

Tabla 1

Composición nutricional de tubérculos en 100 g de peso húmedo

Nutriente (por 100g de peso húmedo)	Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	Camote (<i>Ipomoea batatas</i>)	Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	Oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	Mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	Olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>)
Energía (kcal)	72	104	131	28.5	32	59
Carbohidratos (g)	17.3	25.8	35.45	14.45	10.6	14.3
Proteínas (g)	2.1	1.7	0.65	0.85	0.7	1.1
Grasa (g)	0.2	0.1	0.35	0.4	0.1	0.1
Fibra (g)	3.13	2.9	2.65	8.4	2.9	-
Vitamina (C) (mg)	5.71	16.32	27.69	27.38	42.06	11.50
Vitamina (A) (ug)	0	179	0.5	0	12	5
Calcio (mg)	18	34.33	30	-	-	3
Hierro (mg)	0.49	1.44	0.295	2.15	0.37	1.10
Potasio (mg)	257.33	-	-	-	-	-
Fósforo (mg)	42.33	34.66	57	-	-	28

Nota. Reyes García et al. (2017).

3.2. Procesos de preparación

3.2.1. Selección y preparación de tubérculos

En esta etapa del proceso, es fundamental establecer criterios de selección para garantizar la calidad y eficiencia. Los primeros criterios para considerar son la calidad y uniformidad del tubérculo, con el objetivo de cumplir con los estándares de tamaño, forma, madurez y ausencia de ciertos defectos (Koloseni, 2021). Además, debe evaluarse su adaptación a las condiciones de procesamiento, es decir, deben ser competentes para soportar las exigencias del proceso industrial (Wang et al., 2020). Por lo tanto, los tubérculos que se escojan deben de contar con características físicas similares, en cuanto a tamaño y forma, además todos deben de contar con el mismo índice de madurez.

Por otro lado, una vez que la materia prima esté adecuadamente seleccionada, debe lavarse para eliminar todo tipo de suciedad, utilizando agua y cepillos suaves. Para finalizar, el pelado puede realizarse de manera manual o mediante métodos mecánicos, como el uso de máquinas peladoras, para eliminar la piel o cáscara del tubérculo (Epalza et al., 2018).

3.2.2. Extracción de jugo

El proceso de extracción de jugo en tubérculo puede ser de distintas maneras, varían según el objetivo (Vera Bravo & Chavarría Chavarría, 2020). Sin embargo, el proceso generalmente implica cortar o triturar el tubérculo para liberar el jugo contenido en sus células. Luego, el jugo se extrae mediante prensado, centrifugación u otros métodos básicos (Raji et al., 2019).

Para tubérculos como la mashua, el jugo se puede obtener triturando o moliendo los tubérculos y luego prensando o centrifugando la pulpa resultante (F. Velásquez-Barreto et al., 2020).

3.2.3. Estandarización de pH

Este proceso involucra ajustar la acidez de la bebida a un rango específico para lograr el sabor y las propiedades espumantes deseadas (Atallah & Gemiel, 2020), debido a que el pH influye en la formación e hidrólisis de ésteres, compuestos que aportan el aroma y sabor a las bebidas (Pei et al., 2023). En general, los valores de pH bajos favorecen ambas reacciones, esperándose mayores tasas de reacción en condiciones más ácidas (Loyola-López et al., 2021).

3.2.4. Pasteurización

El proceso de pasteurización se basa en someter a la bebida a una temperatura específica durante un tiempo determinado, normalmente alrededor de 82 °C durante 5 a 10 minutos (Bottani et al., 2020). Lo que se logra en esta etapa es la eliminación de microorganismos dañinos, debido a que podrían

estropear o representar un riesgo para la salud de los consumidores (Azizi-Lalabadi et al., 2023).

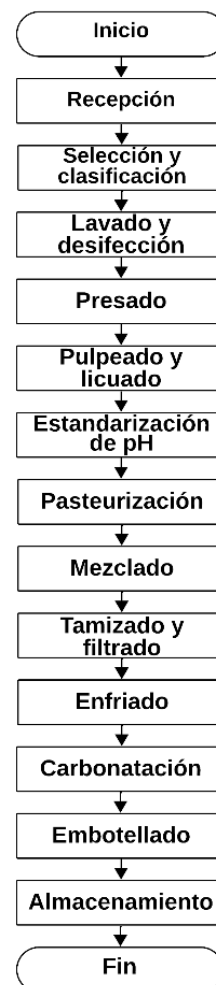


Figura 1. Flujo de proceso para conseguir una bebida carbonatada a partir de tubérculos.

3.2.5. Mezclado

El proceso consiste principalmente en mezclar la pulpa del tubérculo evaluado con agua industrial. Esta acción tiene como propósito mejorar el sabor, el contenido nutricional y la calidad general de la bebida. (Rostamabadi et al., 2022).

3.2.6. Tamizado y filtrado

En el momento del mezclado, se lleva a cabo el tamizado para eliminar posibles impurezas y mejorar la calidad del producto final. Este proceso implica enviar la pulpa de tubérculo junto con agua tratada a una máquina de tamizado de materias primas, con el fin de eliminar materiales de gran tamaño e impurezas (Solovyov et al., 2022).

De igual manera, se debe realizar un filtrado para eliminar cualquier partícula de gran tamaño y garantizar la eliminación de los contaminantes orgánicos de la pulpa de tubérculo (Dulka et al., 2019).

3.2.7. Enfriado y carbonatación

El proceso de enfriamiento posterior al tamizado y filtrado del jugo de tubérculo es esencial para preservar las características organolépticas y asegurar un almacenamiento seguro (Suman et al., 2022).

Por otro lado, en la producción de bebidas carbonatadas a partir de tubérculos, la carbonatación se puede lograr mediante la utilización de un cuerpo compuesto rígido que contiene tamices moleculares cristalinos cargados con dióxido de carbono (Oliveira, 2019). Al entrar en contacto con agua o una bebida acuosa, este compuesto libera el dióxido de carbono del tamiz molecular, carbonatando la solución de manera conveniente y eficiente (Maicas, 2020). Este método presenta una forma innovadora y práctica para la preparación de bebidas carbonatadas.

3.3. Beneficios de las bebidas carbonatadas de tubérculos

3.3.1. Nutricionales

Entre los posibles beneficios nutricionales que pueden ofrecer los tubérculos se encuentran las vitaminas esenciales, como la vitamina C, minerales y compuestos fenólicos (Narita et al., 2024). Medina-Pérez et al. (2024), mencionan que es posible que una bebida carbonatada a base de tubérculos pueda contener un aporte calórico bajo y ser más nutritiva que las bebidas convencionales. Por otro lado, estos alimentos también pueden proporcionar ciertas propiedades probióticas a las bebidas como por ejemplo el tubérculo topinambur (Cámara et al., 2022).

El uso de tubérculos en las bebidas puede proporcionar fibra dietética, lo que favorece la digestión y puede disminuir los niveles de azúcar en la sangre. Esto las convierte en opciones adecuadas para personas con diabetes mellitus o para quienes buscan controlar su peso (Arbach et al., 2021). Además, Jiménez & Sammán (2014) destacan el contenido de almidón, compuestos bioactivos y actividad antirradical en los tubérculos, lo que les otorga el valor de ser una excelente fuente de nutrientes y compuestos beneficiosos para la salud.

Sin embargo, en la actualidad no existen investigaciones que respalden el contenido nutricional y funcional de los tubérculos en bebidas carbonatadas.

3.3.2. Ambientales y sostenibles

Al emplear tubérculos en la producción de bebidas, se presenta la oportunidad de reducir el desperdicio de alimentos, optimizar el uso de recursos y posiblemente aumentar los ingresos de los agricultores. Además, las reacciones de carbonatación de minerales involucradas en el proceso tienen el potencial de capturar y fijar el CO₂ atmosférico, lo que

contribuye al secuestro de carbono y a la sostenibilidad ambiental. (Declercq et al., 2023).

Por otro lado, teniendo en cuenta el impacto de las bebidas carbonatadas en el ciclo de vida, elegir opciones de envasado sostenibles, como las botellas de PET, puede mejorar aún más los beneficios medioambientales asociados a la producción de bebidas carbonatadas (Boutros et al., 2021).

3.3.3. Económicos

La utilización de este tipo de alimentos en las bebidas carbonatadas no solo maximiza el aprovechamiento de sus ingredientes, sino que también amplía las oportunidades de mercado, incrementa los ingresos de los agricultores y facilita el desarrollo económico (Lee & Lee, 2021).

3.4. Desafíos y consideraciones

3.4.1. Barreras técnicas y de producción

La disponibilidad limitada de material propagativo de alta calidad de cultivares de tubérculos adecuados representa un obstáculo significativo para la expansión de esta actividad. Se necesitan genotipos de tubérculos con características específicas, como alta productividad, resistencia a enfermedades e insectos, tuberización precoz, buena calidad culinaria, ciclo vegetativo y dormancia cortos, y adaptación a las condiciones agroclimáticas (Passos et al., 2017).

3.4.2. Aceptación del mercado y del consumidor

En la industria de las bebidas carbonatadas, las preferencias de los consumidores dependen de factores sensoriales como los sabores dulces, ácidos y frutales, los cuales influyen en la aceptación general del producto (Hanmontree & Sae-Eaw, 2020). Es primordial que este tipo de bebidas cuente con una calidad sensorial adecuada para respaldar la aceptación por parte de los consumidores (Molero et al., 2018).

Para que estas bebidas sean bien recibidas, es esencial crear sabores y texturas agradables, utilizando edulcorantes naturales o alternativas al chocolate. Asimismo, incorporar subproductos de frutas como base para las bebidas carbonatadas podría mejorar la fermentación y añadir nutrientes, aumentando su atractivo como bebidas funcionales (Cámara et al., 2022).

3.4.3. Regulaciones y normativas

En la producción de bebidas carbonatadas a partir de tubérculos, las directrices y reglamentos muestran una variabilidad según la jurisdicción y el país de origen. Sin embargo, existen consideraciones generales a las que hay que atenerse, que abarcan aspectos como el suministro de información nutricional y los requisitos de etiquetado, que implican la divulgación de los ingredientes. Además, el cumplimiento de las normas de seguridad alimentaria

y la implementación de buenas prácticas de fabricación son imprescindibles para mantener la calidad y la seguridad de los productos (Amaral et al., 2020). Además, las regulaciones se refieren a la utilización de aditivos, conservantes y otros componentes permitidos en las bebidas (Câmara et al., 2022). También, es posible que se impongan restricciones o gravámenes especiales debido al contenido de azúcar o edulcorantes en las bebidas carbonatadas (Lima et al., 2018).

4. Conclusiones y perspectivas

Las bebidas carbonatadas han demostrado ser un componente crucial en el mercado global de bebidas debido a su popularidad y alto nivel de consumo. Sin embargo, su alto contenido de azúcar y dióxido de carbono las ha relacionado con diversos problemas de salud, incluyendo la obesidad y el reflujo gastroesofágico. El procesamiento de carbonatación no solo mejora las características sensoriales y la vida útil de las bebidas, sino que también juega un papel significativo en la liberación de aromas y la sensación en la boca.

La tendencia actual muestra un cambio en las preferencias de los consumidores hacia bebidas más saludables y naturales, lo cual ha abierto la puerta a la innovación en la elaboración de bebidas carbonatadas a partir de fuentes alternativas como los tubérculos. Estos alimentos no solo proporcionan nutrientes esenciales, sino que también ofrecen beneficios adicionales como propiedades antioxidantes y probióticas, además de contribuir a la sostenibilidad ambiental y económica.

La implementación de tubérculos en la producción de bebidas carbonatadas ofrece una oportunidad única para diversificar y mejorar el valor nutricional de estas bebidas. Además, este enfoque puede contribuir significativamente a la sostenibilidad ambiental mediante la reducción del desperdicio de alimentos y el secuestro de carbono. Para avanzar en esta dirección, es esencial superar diversas barreras técnicas y de producción, como la disponibilidad de material propagativo de alta calidad y la adaptación de genotipos de tubérculos a diferentes condiciones agroclimáticas. Además, se deben considerar las preferencias sensoriales de los consumidores para asegurar la aceptación en el mercado.

Futuras investigaciones deben centrarse en optimizar los procesos de extracción y carbonatación de jugos de tubérculos, así como en evaluar su valor nutricional y funcional en bebidas carbonatadas. También es importante que los productores y reguladores trabajen juntos para establecer normativas claras y prácticas de fabricación adecuadas que garanticen la seguridad y calidad de estas nuevas bebidas.

Referencias bibliográficas

- Amaral, S. M., Silva, Y., Chaves, M., Rodrigues, E., & Moura, S. (2020). Elaboração de empanado de Tilápia do Nilo com incorporação de farinha do espinhaço de Tilápia. En: *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*. Vol. 6, Cap. 17. <https://doi.org/10.36229/978-65-86127-36-2.CAP.17>
- Arbach, C. T., Alves, I. A., Serafini, M. R., Stephani, R., Perrone, Í. T., & de Carvalho da Costa, J. (2021). Recent patent applications in beverages enriched with plant proteins. *NPJ Science of Food*, 5, 28. <https://doi.org/10.1038/s41538-021-00112-4>
- Atallah, A. A., & Gemiel, D. G. (2020). Preparation of New Carbonated Beverages Based on Hydrolyzed Whey by Fruit and Some Herbs. *American Journal of Food Science and Technology*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.12691/ajfst-8-2-2>
- Azizi-Lalabadi, M., Moghaddam, N. R., & Jafari, S. M. (2023). 9—Pasteurization in the food industry. En S. M. Jafari (Ed.). *Thermal Processing of Food Products by Steam and Hot Water* (pp. 247–273). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818616-9.00009-2>
- Bint-E-Zahra, Shoaib, S., & Iqbal, R. K. (2019). An Overview of Effects of Carbonated Drinks. *National Journal of Health Sciences*, 4(2), Article 2.
- Bottani, E., Vignali, G., & Carlo Tancredi, G. P. (2020). A digital twin model of a pasteurization system for food beverages: Tools and architecture. 2020 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICE/ITMC49519.2020.9198625>
- Boutros, M., Saba, S., & Manneh, R. (2021). Life cycle assessment of two packaging materials for carbonated beverages (polyethylene terephthalate vs. glass): Case study for the lebanese context and importance of the end-of-life scenarios. *J of Cleaner Production*, 314, 128289. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128289>
- Bradshaw, J. E., & Bonierbale, M. (2010). Potatoes. En J. E. Bradshaw (Ed.), *Root and Tuber Crops* (pp. 1–52). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92765-7_1
- Cabrera Arrobo, M. J., Arguello Cedeño, J., & Orellana Rodriguez, K. (2023). Alternativas agroindustriales de los tubérculos de la parroquia Rosa Zárate. *Ciencia y Tecnología*, 16(1), 67–76. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i1.620>
- Câmara, G. B., Prado, G. M. do, Sousa, P. H. M. de, Lima, A. R. N., Oliveira, L. de S., Furtado, J. A., & Silva, L. M. R. da. (2022). Potencial de aplicabilidade de coproduto de frutas no desenvolvimento bebidas fermentadas do tipo kombucha: Um estudo de revisão. *Research, Society and Development*, 11(5), Article 5. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.25846>
- Contreras-López, E., Ramírez-Godínez, J., García-Martínez, M. M., Gutiérrez-Salomón, A. L., González-Olivares, L. G., & Jaimez-Ordaz, J. (2021). Low-Calorie Beverages Made from Medicinal Plants, Flowers and Fruits: Characteristics and Liking of a Population with Overweight and Obesity. *Applied Sciences*, 11(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/app11093766>
- Cuomo, R., Andreozzi, P., & Zito, F. P. (2014). Alcoholic beverages and carbonated soft drinks: Consumption and gastrointestinal cancer risks. *Cancer Treatment and Research*, 159, 97–120. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38007-5_7
- Darsamo, V., & Walbeek, C. (2023). Effect of price and income on the demand for sugar-sweetened beverages in Nigeria: An analysis of household consumption data using an almost ideal demand system (AIDS). *BMJ Open*, 13(8). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-072538>
- Declercq, J., Howell, R., Brough, C., Barnes, A., & Griffiths, R. (2023). Role of Mg Gangue Minerals in Natural Analogue CO₂ Sequestration. *Economic Geology*, 118(3), 675–688. <https://doi.org/10.5382/econgeo.4981>
- Dereje, B., & Chibuzo, N. (2021). Nutritional Composition and Biochemical Properties of Solanum tuberosum (M. Yildiz & Y. Ozgen, Eds.). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98179>

- Dulka, O., Prybylskiy, V., Olynyk, S., Kuts, A., & Kovalenko, O. (2019). The improvement of the water treatment technology for the kvass production. *Food Science and Technology*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.15673/fst.v13i2.1404>
- Epalza, J., Jaramillo, J., Guarín, O., Epalza, J., Jaramillo, J., & Guarín, O. (2018). Extraction and Use of Plant Biopolymers for Water Treatment. En *Desalination and Water Treatment*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77319>
- Feferbaum, R., de Abreu, L. C., & Leone, C. (2012). Fluid intake patterns: An epidemiological study among children and adolescents in Brazil. *BMC Public Health*, 12, 1005. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-1005>
- Fiorda, F. A., de Melo Pereira, G. V., Thomaz-Soccol, V., Rakshit, S. K., Pagnoncelli, M. G. B., Vandenbergh, L. P. de S., & Soccol, C. R. (2017). Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation—A review. *Food Microbiology*, 66, 86-95. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.04.004>
- Gaona-Gonzaga, J., Montesdeoca-Espin, D., Brito-Grandes, B., Sotomayor-Correa, A., & Viera, W. (2019). Aprovechamiento de la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) variedad INIAP Quitoense-2009 para la obtención de una bebida carbonatada. *Enfoque UTE*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n2.425>
- Gweyi-Onyango, J. P., Sakha, M. A., & Jefwa, J. (2021). Agricultural Interventions to Enhance Climate Change Adaptation of Underutilized Root and Tuber Crops. In: Leal Filho, W., Oguge, N., Ayal, D., Adeleke, L., da Silva, I. (eds) *African Handbook of Climate Change Adaptation*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42091-8_40-1
- Hanmontree, P., & Sae-Eaw, A. (2020). Krachai dam (*Kaempferia parviflora*) drinks: Physicochemical properties, consumer acceptance, purchase intent, and emotional and wellness responses. *Italian Journal of Food Science*, 32(3). <https://doi.org/10.14674/IJFS-1756>
- Hemant, K. J., Hema, M. S., Siniya, V. R., & Hema, V. (2020). Accelerated shelf-life study on protein-enriched carbonated fruit drink. *Journal of Food Process Engineering*, 43(3), e13311. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13311>
- Ignjatović, Z., Stojšin, I., Brkanić, T., & Lončar, J. (2012). The effect of excessive coca-cola consumption on the development of dental erosions. *Stomatoloski glasnik Srbije*, 59(3), 148-153.
- Jeena, B. P., Kodali, P. B., Longchar, W., & Hense, S. (2024). Patterns and determinants of aerated drinks consumption among adolescents in India: Analysis of National Family Health Survey-5 (2019-2021) data. *Nutrition and Food Science*, 54(1), 86-99. <https://doi.org/10.1108/NFS-03-2023-0050>
- Jiménez, M. E. L., & Sammán, N. (2014). Caracterización química y cuantificación de fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antirradical de tubérculos y raíces andinos cultivados en el noroeste de Argentina. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*.
- Jones, C. P., Forde, H., Penney, T. L., Van Tulleken, D., Cummins, S., Adams, J., Law, C., Rutter, H., Smith, R., & White, M. (2023). Industry views of the UK Soft Drinks Industry Levy: A thematic analysis of elite interviews with food and drink industry professionals, 2018-2020. *BMJ Open*, 13(8). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-072223>
- Kabaeva, S. M., & Kurmekesh, A. D. (2021). Absorption of atmospheric nitrogen by tuberous. *Том 83 № 3 (2021): Вестник ЗКУ*. [https://doi.org/10.37238/1680-0761.2021.83\(3\).22](https://doi.org/10.37238/1680-0761.2021.83(3).22)
- Khalid, N. (2024). Impact of carbonated beverages on early onset of osteoporosis: A narrative review. *Nutrition and Health*, 30(2), 207-214. <https://doi.org/10.1177/02601060231201890>
- Koloseni, D. (2021). Application of linguistic/non-numeric fuzzy aggregation to the ranking of processed crops. *Tanzania Journal of Science*, 47(2), Article 2. <https://doi.org/10.4314/tjs.v47i2.26>
- Lan Chin, Chen Xiangdong, & Yao Ziqi. (2012). *Rhizoma gastrodiae* nutritional beverage and production process thereof (China Patent CN102763873A).
- Lee, J. H., & Lee, J. H. (2021). Techno-economic and environmental feasibility of mineral carbonation technology for carbon neutrality: A Perspective. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 38(9), 1757-1767. <https://doi.org/10.1007/s11814-021-0840-2>
- Lima, K., Cunha, A., Pasqualetto, A., Calil, T., & de Castro, S. (2018). A gestão da Central de Abastecimento de Goiás (CEASA-GO): Seus números e propostas de melhorias. *COLÓQUIO - Revista do Desenvolvimento Regional*, 14, 99-117. <https://doi.org/10.26767/720>
- Liu, S. (2021). A Report on Strategic Analysis and Recommendations of Coca-Cola. *International Journal of Frontiers in Sociology*, 3(17). <https://doi.org/10.25236/IJFS.2021.031711>
- López, N. L., Carrasco, C., Rivera, L. C., Torres, S. G., & Herrera, M. A. (2020). Elaboration of carbonated beverages from wheatgrass. *Idesia*, 38(1), 23-31. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000100023>
- Loyola, L. N., Oyarce C, E., & Acuña C, C. (2010). Evaluación del contenido de almidón en papas (*Solanum tuberosum* cv. Desirée), producidas en forma orgánica y convencional, en la provincia de Curicó, región del Maule. *Idesia (Arica)*, 28(2), 41-52. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292010000200005>
- Loyola-López, N., Acuña-Carrasco, C., Arenas Bravo, L. A., & Arriola-Herrera, M. (2021). Elaboration of carbonated beverages with sucralose from eggplant. *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 38(3), 692-717.
- Maicas, S. (2020). The Role of Yeasts in Fermentation Processes. *Microorganisms*, 8(8), 1142. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081142>
- Medina-Pérez, G., Cruz-Cadena, A., Perez-Soto, E., Choque-Rivera, T. J., & Almendares-Calderón, L. (2024). Botanas Saludables Elaboradas con Harina Libre de Gluten. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 10(19), Article 19. <https://doi.org/10.29057/icap.v10i19.11205>
- Molero, M. S., Briñez, W. J., Molero, M. S., & Briñez, W. J. (2018). Probiotics consumption increment through the use of whey-based fermented beverages. En *Probiotics—Current Knowledge and Future Prospects*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72362>
- Morales-de la Peña, M., Welte-Chanes, J., & Martín-Belloso, O. (2016). Application of Novel Processing Methods for Greater Retention of Functional Compounds in Fruit-Based Beverages. *Beverages*, 2(2). <https://doi.org/10.3390/beverages2020014>
- Morillo C, A. C., Morillo, C., & Leguizamo, M. (2019). Caracterización morfológica y molecular de *Oxalis tuberosa* Mol. En el departamento de Boyacá. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(1), 18-28. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.57356>
- Morris, W. L., Ross, H. A., Ducreux, L. J. M., Bradshaw, J. E., Bryan, G. J., & Taylor, M. A. (2007). Umami compounds are a determinant of the flavor of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(23), 9627-9633. <https://doi.org/10.1021/jf0717900>
- Narita, Z., Hidese, S., Kanehara, R., Tachimori, H., Hori, H., Kim, Y., ... Sawada, N. (2024). Association of sugary drinks, carbonated beverages, vegetable and fruit juices, sweetened and black coffee, and green tea with subsequent depression: A five-year cohort study. *Clinical Nutrition*, 43(6), 1395-1404. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2024.04.017>
- Oliveira, S. S. de. (2019). Análise cinética comparativa da produção de vodca conduzida em processo fermentativo descontínuo e descontínuo alimentado. <https://doi.org/10.52446/cursoengbiotecnologiaCDSA.2019.tcc.mon.oliveira>
- Passos, S., Kawakami, J., Nazareno, N. R., Santos, K. C., & Tamanini, C. (2017). Produtividade de cultivares de batata orgânica em região subtropical do Brasil. *Horticultura Brasileira*, 35, 628-633. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620170424>

- Pawan Kumar, E., & Dhanraj. (2017). Consumption of carbonated beverages among dental students. <https://journalijcar.org/issues/consumption-carbonated-beverages-among-dental-students>
- Pei, L., Liu, W., Jiang, L., Xu, H., Liu, L., Wang, X., Liu, M., Abudureheman, B., Zhang, H., & Chen, J. (2023). Effect of high hydrostatic pressure on aroma volatile compounds and aroma precursors of Hami melon juice. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1285590>
- Pelchat, M. L., Bryant, B., Cuomo, R., Salle, F. D., Fass, R., & Wise, P. (2014). Carbonation: A review of sensory mechanisms and health effects. *Nutrition Today*, 49(6), 308-312. <https://doi.org/10.1097/NT.000000000000010>
- Raji, N. A., Adedeji, K. A., Olaleye, J. O., & Adele, F. A. (2019). Design and fabrication of tiger nut juice extractor. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(3), Article 3. <https://doi.org/10.4314/jasem.v23i3.29>
- Rao, A., & Guha, S. (2022). Flavored Carbonated Beverages: A Case Study on Bisleri Pop. *Advancement in Management and Technology (AMT)*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.46977/apjmt.2022v03i01.005>
- Reyes García, M. M., Gómez-Sánchez Prieto, I., & Espinoza Barrientos, C. M. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. Instituto Nacional de Salud. <https://repositorio.ins.gob.pe//handle/20.500.14196/1034>
- Robles-Zepeda, R. E., Coronado-Aceves, E. W., Velázquez-Contreras, C. A., Ruiz-Bustos, E., Navarro-Navarro, M., & Garibay-Escobar, A. (2013). In vitro anti-mycobacterial activity of nine medicinal plants used by ethnic groups in Sonora, Mexico. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13, 329. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-329>
- Roca, W., & Manrique, I. (2005). Valorización de los recursos genéticos de raíces y tubérculos andinos para la nutrición y la salud. *Agrociencia*, 9, 195-201.
- Rostamabadi, H., Rohit, T., Karaca, A. C., Nowacka, M., Colussi, R., Feksa Frasson, S., Aaliya, B., Valiyapeediyekkal Sunooj, K., & Falsafi, S. R. (2022). How non-thermal processing treatments affect physicochemical and structural attributes of tuber and root starches? *Trends in Food Science & Technology*, 128, 217-237. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.08.009>
- Solovyov, A., Turshatov, M., Kononenko, V., Pogorzelskaya, N., & Pavlenko, S. (2022). Processing of Artichoke Tubers into Distillates for the Original Alcoholic Beverages Production. *Food Industry*, 7(4), 36-43. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2022-7-4-4>
- Suman, A., Zanini, N., Friso, R., Pinelli, M., & Bottos, L. (2022). Assessment of the volume and material container influence on juice cooling process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1106(1), 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1106/1/012011>
- Tahmassebi, J. F., & BaniHani, A. (2020). Impact of soft drinks to health and economy: A critical review. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 21(1), 109-117. <https://doi.org/10.1007/s40368-019-00458-0>
- van der Hoorn, R. A. L., & Klemenčič, M. (2021). Plant proteases: From molecular mechanisms to functions in development and immunity. *Journal of Experimental Botany*, 72(9), 3337-3339. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab129>
- Velásquez-Barreto, F. F., Edson, Tixe, R., Roberto, Goicochea, C., & Aliaga-Barrera, I. (2020). Optimization of the functional properties of a drink based on tubers of purple mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón). *Agroindustrial Science*, 10(1), 63-70. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.09>
- Vera Bravo, A. F., & Chavarría Chavarría, M. A. (2020). Extracción y caracterización del almidón de papa (*solanum tuberosum*) variedad leona blanca. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 10(2), 26-34. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i2.10550>
- Viejo, C. G., Torrico, D. D., Dunshea, F. R., & Fuentes, S. (2019). Bubbles, Foam Formation, Stability and Consumer Perception of Carbonated Drinks: A Review of Current, New and Emerging Technologies for Rapid Assessment and Control. *Foods*, 8, 596. <https://doi.org/10.3390/FOODS8120596>
- Wang, C.-N., Viet, V. T. H., Ho, T. P., Nguyen, V. T., & Nguyen, V. T. (2020). Multi-Criteria Decision Model for the Selection of Suppliers in the Textile Industry. *Symmetry*, 12(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/sym12060979>
- Wendrick, N. A., Sims, C. A., & MacIntosh, A. J. (2021). The Effect of Carbonation Level on the Acceptability and Purchase Intent of Muscadine and Fruit Wines. *Beverages*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/beverages7030066>