

# Definición del proceso de elaboración de una bebida fermentada a partir de pulpa del café (broza)

Procedure definition to obtain a fermented drink from the coffee pulp

*Patricia Arguedas-Gamboa,<sup>1</sup>*

*Fecha de recepción: 3 de junio del 2013*

*Fecha de aprobación: 22 de agosto del 2013*

Arguedas-Gamboa, P. Definición del proceso de elaboración de una bebida fermentada a partir de pulpa del café (broza). *Tecnología en Marcha*. Número Especial. Pág 38-49.

<sup>1</sup> M.Sc. en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Profesora e investigadora del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Central, Cartago. Escuela de Agronegocios. Correo electrónico: [parguedas@itcr.ac.cr](mailto:parguedas@itcr.ac.cr)

## Patricia Arguedas Gamboa

Patricia Arguedas Gamboa es la hija mayor de cuatro hermanos, nacidos todos en un periodo menor a cinco años. “Cuando tuve uso de razón ya tenía tres hermanos menores. No pude ni manifestar mi sentir al respecto”, dice.

Ambos padres fueron farmacéuticos, con una gran vocación hacia las ciencias y la investigación, lo que despertó en ella el deseo de investigar, el cual la acompañó hasta nuestros días.

Sus estudios primarios los cursó en escuela pública, en Barrio México, donde creció feliz y sin ser consciente de los problemas sociales que la rodeaban. Con mucha nostalgia recuerda “las barras” que se formaban para participar de diversiones sencillas y sanas.

Los estudios secundarios los realizó en el Liceo Franco Costarricense, donde concluyó con un bachillerato en ciencias y el dominio casi perfecto del idioma francés. “El inglés me ha hecho mucha falta. Lo he practicado acá y acullá, sin llegar a dominarlo”.

Entró a la Universidad de Costa Rica con la idea de convertirse en bióloga, pues es una carrera en la que se aplican todas las ciencias. No obstante, al descubrir que no todos los profesores compartían ese gusto por otras disciplinas, se trasladó a Tecnología de Alimentos, carrera que daba sus primeros pasos; allí, muy pronto se convirtió en la segunda tecnóloga de alimentos del país. En el mismo campo obtuvo una maestría en el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá.

La labor docente, de asesoría e investigación de Patricia Arguedas se ha extendido a universidades, cooperativas, asociaciones y entidades de la empresa privada.

Ingresó al TEC hace ya 27 años, estando embarazada. A pesar de ello, la institución le dio plaza en propiedad y tuvo que incapacitarla. “Definitivamente, mi hija venía con el bollo de pan debajo del brazo”, afirma cuando se refiere a Carla, su hija mayor, quien

ya es licenciada en educación y trabaja en la Escuela Sonny.

Es madre, además, de Manuel, quien precisamente este año regresa al TEC para hacerse técnico en nanotecnología. Ambos chicos estuvieron en la ATIPTEC, el Taller Infantil del TEC, por cuatro años cada uno, para tranquilidad de su madre.

Al ingresar a la institución, comenta, “me puse muy bien puestas dos camisetas: la del TEC y la de la excelencia académica”. “Si bien mi pasión son la investigación y la extensión, me identifiqué mucho con el estudiantado y luché con ellos y para ellos”.

Es así como Patricia Arguedas ha realizado labores tan diversas como promotora de proyectos de la FUNDATEC, investigadora en el área de desarrollo de nuevos productos, asesora empresarial, directora de prácticas de especialidad y profesora de cursos como: Microbiología, Manejo Poscosecha, Procesado II (tratamientos térmicos), Procesado de Productos Horto-frutícolas, Procesado de Productos Pecuarios, Control de Calidad, Bioquímica Aplicada y Bioquímica Agroalimentaria.

Para ampliar aún más esta diversidad, el segundo semestre de 2013 estuvo dedicada por medio tiempo al planteamiento de una nueva carrera para la Sede Regional del TEC en Santa Clara de San Carlos.

Patricia se preocupa por actualizarse constantemente en los diversos temas con los que se relaciona y lo logra siendo “ratón de biblioteca” y participando en seminarios y cursos de capacitación.

Como *hobbies* tiene la cocina y la natación. Le fascinan la playa y viajar, sobre todo si lo hace con amistades.

Su sueño profesional es ver la puesta en marcha de sus resultados de investigación. Su sueño personal es ver a sus hijos graduados y trabajando en las áreas de su motivación y elección.

## Palabras clave

Residuos agroindustriales; broza de café; mosto, fermentación; bebida fermentada; escalamiento.

## Resumen

La riqueza de sus suelos y sus condiciones climáticas le han permitido a Costa Rica convertirse en un país cuya economía se sustenta en la agricultura. El café ha sido el cultivo de mayor importancia social y económica.

Sin embargo, los productores del “grano de oro” no pueden exportar el producto procesado, dándosele el valor agregado fuera de nuestras fronteras. Enfrentan, además, precios cambiantes y difíciles de predecir, dado que dependen de las condiciones climáticas de otras regiones del mundo.

El beneficiado del café genera una cantidad de residuos que supera en un 60% el peso del grano. En promedio, se estima que anualmente se producen 400000 toneladas de pulpa o broza de café, un residuo que por su naturaleza perecedera presenta problemas de manejo y contaminación ambiental.

Ante tal panorama, el sector cafetalero cooperativo, representado por el Instituto de Fomento Cooperativo (INFOCOOP), unió esfuerzos con el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y se planteó proyectos dirigidos a la obtención de productos con alto valor agregado a partir del café y sus residuos.

Entre los productos desarrollados sobresale una bebida fermentada a partir de la broza. En el ITCR se trabajó a escala artesanal (utilizando baldes plásticos de 21 litros) y a nivel piloto (al adquirir el INFOCOOP un fermentador de 3,0 litros). Para escalar el proceso, se recurrió al Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBiot), institución que cuenta con el equipo ideal. Se realizaron pruebas preliminares con fermentadores de 7 litros y tres niveles de escalamiento: 15, 50 y 100 litros de capacidad.

En este artículo se presenta la definición del proceso, la selección de procedimientos y maquinaria etapa por etapa, representándose el resultado final en la figura 4. Se logró obtener un producto de calidad organoléptica (sensorial) aceptable para el consumidor en todas las escalas aplicadas.

Los análisis sensoriales de aceptación fueron realizados por el Centro Nacional de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica. El CITA también efectuó pruebas de producto en desarrollo para definir la preferencia del consumidor, utilizando cinco cepas diferentes de levaduras: *Saccharomyces Cerevisiae Bayanus S6U, S.C. Davis 522, S.C. Levuline ALS* (levadura seca activa) y *S.C. Vitilevure C* y *SC* comercial como levadura de panificación. No se encontró diferencias significativas en la aceptación por parte del consumidor.

## Key words

Coffee pulp; agricultural wastes; yeast strains; fermented drink; fermentation.

## Abstract

Weather and soil conditions of Costa Rica give to the country the possibility of having an economy based in agricultural activities. Coffee had been for centuries the most important crop for economic and social development in Costa Rica.

However, international agreements avoid coffee producers to give an attractive added value to the grain. They have to export the product as a dried grain. They get prices that depend of weather conditions in other countries that produce coffee.

Furthermore the coffee activity produces a big quantity of agricultural residues. It is estimated that every year, around 400 000 tons of pulp (broza) are produced. This material have a high moisture and a high sugar content (85 and 15%), characteristics which gives it a very perishable nature. Obviously, this material is difficult to manipulate, and producers have to expend a lot of money to avoid contamination problems.

Motivated by this situation, the INSTITUTO NACIONAL DE FOMENTO COOPERATIVO (INFOCOOP) asked the INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA (ITCR) about the possibility to propose a research project to develop new products from the coffee remains.

This article presents a way to develop a fermented drink from the coffee pulp. Each process step is analyzed in order to choose the best mechanism and the best equipment.

The project had been developed by three big steps; an artisanal one, using plastic bins, a pilot step using a NEW BRUNSWICK bioreactor of 3 liters capacity and a third one; the scaling step developed at the Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBIOT). In this last step, APPLIKON bioreactors had been used. The levels production were 15, 50 and 100 liters which were developed by triplicate.

The final chart process is represented in figure 4. A fermented drinking from coffee pulp had

been obtained, with a high degree of acceptability. Sensory analysis of the fermented drinking had been applied by the Centro Nacional de Investigación en Tecnología de Alimentos. (CITA). The same research center applied the analysis to compare the acceptability of the final product using different yeast strains: Bayanus, Davis 522, Levuline, Vitilevure and the "bread making strain". No significant difference in product acceptance had been found. Then; the "bread making strain" had been used in the scaling step.

## Introducción

Costa Rica es un país cuya economía ha estado sustentada históricamente en la agricultura y el café ha sido el cultivo de mayor importancia social y económica. La producción de café sigue teniendo gran relevancia socioeconómica. El llamado "grano de oro" costarricense goza de alta estima a nivel internacional debido principalmente a su calidad. Sin embargo, el café se exporta en grano y su mayor valor agregado se logra fuera del país. Otro problema que enfrenta la actividad cafetalera es que los precios de mercado dependen de factores externos, como la oferta de otros países. Esto genera periodos de crisis económica que ponen en riesgo la estabilidad del sector.

Como toda actividad agroindustrial, la cafetalera genera altos volúmenes de desechos, entre los que cabe citar la pulpa o broza, el mucílago, el pergamino o cascarilla y las aguas mieles. La broza o pulpa, obtenida tras el despulpado de la cereza fresca, enfrenta procesos fermentativos no deseados, los cuales se presentan de forma rápida y espontánea. Esta situación obedece a las altas concentraciones de agua y azúcares en este residuo.

En Costa Rica se solía lanzar esta materia a los ríos, lo que provocaba problemas ambientales. La legislación actual impide esta práctica. Los productores de café deben enfrentar el manejo de este material contaminante y voluminoso.

En su reciente trabajo final de graduación, la ingeniera Rojas (2010) concluye que, por ejemplo, cuatro cooperativas de café gastan en el manejo de este residuo un promedio de cinco millones de colones por cosecha.

Tomando en consideración estos datos, no cabe duda de que el sector cafetalero costarricense debe buscar alternativas, como el desarrollo de productos derivados del café, para aumentar el valor agregado del grano de oro y asegurar así una ganancia justa para el productor nacional y promover de esta manera el desarrollo económico y social del país.

Es por ello que el Instituto Nacional de Fomento Cooperativo (INFOCOOP) se acercó al Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) con el propósito de plantear un proyecto conjunto que permitiera darle a la producción cafetalera un valor agregado. El reto fue asumido por las escuelas de Química y de Ingeniería Agropecuaria Administrativa, siendo esta última la que ejecutó la totalidad del proyecto. Además de la bebida fermentada a partir de la broza, se desarrollaron confites, un jarabe y barras energéticas.

En realidad, las fermentaciones son alteraciones químicas de los alimentos (Doyle, 2001). Estas alteraciones son catalizadas por las enzimas de microorganismos que se encuentran de forma natural en los alimentos o que llegaron a ellos en una etapa posterior a su cosecha o transformación.

Es así como, accidentalmente, nuestros antepasados se encuentran ante una leche agria y un jugo de frutas fermentado. Este accidente resulta en sabores no conocidos hasta entonces pero agradables. Además, la conservación de los productos se incrementa y se procede entonces a provocar estos procesos fermentativos hasta llegar a nuestros días, en que los microorganismos se aíslan, se reproducen e incluso se extraen sus enzimas para lograr la estandarización en los procesos de fermentación. Este fenómeno, que inicialmente fue negativo, se

convierte así en un proceso deseado y controlado y los microorganismos participantes resultan ser beneficiosos (Ahmed y Carlstrom, 2006).

Se define la fermentación como los cambios bioquímicos que tienen lugar en sustancias orgánicas como consecuencia de la actividad de enzimas microbianas. La presencia de microorganismos metabólicamente activos es, por lo tanto, esencial para que avance el proceso fermentativo. Algunas de las fermentaciones más familiares están a cargo de las levaduras, como la producción de pan o bebidas alcohólicas y la conversión de productos agrícolas como el maíz en alcohol para carburante (Ahmed y Carlstrom, 2006).

La elaboración del vino es una forma de conservación de alimentos tan antigua como la civilización misma. Se llama vino a la bebida obtenida por fermentación alcohólica de los zumos de uva fresca (Bruce et al., 2000). En opinión de Mermelstein (2010), aquellas personas que disfrutan de una botella de vino difícilmente tienen idea de todas las etapas, decisiones y consideraciones realizadas para hacer llegar el producto al consumidor final. La producción de bebidas alcohólicas procedentes de otros zumos de fruta diferentes al de uva tampoco es un procedimiento nuevo. Tradicionalmente, los frutos maduros se machacan en el agua en grandes contenedores y se dejan fermentar con las levaduras silvestres que se encuentran disponibles en la piel de los frutos. Una vez que la fermentación se completa, lo que es demostrado por la ausencia de burbujas en la mezcla, la bebida se filtra y está lista para beber (Barrion et al., 2001).

La fermentación alcohólica es un proceso complicado; entre los productos iniciales y finales se establece una cadena compleja de sustancias intermedias. La levadura produce enzimas, sustancias que actúan sobre el azúcar y los compuestos que después se forman; el proceso termina con la formación de unos productos principales, que son alcohol y anhídrido carbónico, y otros secundarios, como glicerina, aldehído, ácido acético, ácido succínico, butilenglicol y acetoína. En su trabajo realizado en cidra, Suárez y colaboradores (2005) afirman que la selección de la cepa de levadura es uno de los aspectos más importantes para definir la composición química del producto final y por lo tanto su aceptación. Todos los productos citados, sea cual sea la proporción en

que aparecen en el vino, tienen su carácter y contribuyen a darle conjunto (Le Quéré et al., 2006).

Además de la levadura, existen otros factores que deben cuidarse y controlarse para lograr un producto final aceptable o de altas cualidades organolépticas. Velásquez (2003) dice al respecto que “durante un proceso de fermentación son importantes factores como el medio o sustrato, la temperatura, la acidez, el cultivo y por supuesto el tiempo”. Este último no puede ser apresurado, ya que características como el aroma, la textura o el sabor requieren de tiempo suficiente para desarrollarse de manera adecuada.

Una gran variedad de alimentos y bebidas, como el pan, la cerveza, el vino, el yogurt y los quesos, son producidos mediante procesos de fermentación. Además de estos productos tradicionales, otros más innovadores se producen actualmente por esta vía, con nuevos ingredientes y características especiales que han permitido desarrollar intensamente la tecnología de los alimentos (Velásquez, 2003). La fermentación constituye así una herramienta muy práctica para modificar materias primas, como es el caso de la modificación del almidón de la yuca para su uso en panificación (Vargas, 2010).

La diferente composición de los mostos, además de ser crucial para las características del producto final, condiciona la evolución del crecimiento de las levaduras. En la vinificación, todos los nutrientes se encuentran presentes en el medio de cultivo desde un principio y su concentración declina de acuerdo al consumo que la levadura vaya haciendo de cada uno de ellos.

Los azúcares son la materia prima de las levaduras para formar el alcohol y el gas carbónico; sin embargo, niveles extremos de concentración de azúcar pueden producir la inhibición del crecimiento. Dicha inhibición es el resultado de la disminución de la viabilidad celular causada por la alta presión osmótica y la elevada concentración intracelular de etanol, producto de la mayor velocidad de fermentación (Carrascosa et al., 2005).

Los ácidos orgánicos presentes en la pulpa de café son muy variados (fórmico, acético, málico, tartárico, oxálico, fumárico, clorogénico, cafeico, cafeínico, etc.). Ellos participan en el pH del mosto elaborado, dan el sabor final del producto terminado, pero no inhiben el crecimiento de la levadura; todo lo contrario,

su crecimiento se ve inhibido por la alta concentración de alcohol producida por ellos mismos. Es en ese momento que debe tenerse cuidado para que no se presenten fermentaciones acéticas, como ocurre en el caso del vinagre.

Los compuestos fenólicos son elementos muy importantes de los vinos (y las bebidas fermentadas), debido a que contribuyen a definir las propiedades sensoriales y otros atributos de estos productos. Los fenoles están asociados con el sabor amargo, la astringencia y la estabilidad del color. Poseen potencial antioxidante, anticancerígeno y propiedades antiinflamatorias. Los vinos rojos tienen un contenido total de fenoles en concentraciones de 10 a 20 veces superiores que los vinos blancos. Los compuestos fenólicos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, no solamente en las uvas, por lo que han empezado a explotarse en productos como hongos (Huang et al. 2006) y café. La determinación de antioxidantes realizada por la prueba de ORAC demuestra la alta concentración en la pulpa y en la bebida fermentada desarrollada por la autora (González et al., 2012). En términos generales, los antioxidantes han cobrado gran interés en la industria alimentaria al considerarse muy importante su inclusión en el desarrollo de los productos ahora denominados nutraceuticos o funcionales, es decir, que tienen una función medicinal o nutricional (Kanner et al., 1994).

## Metodología

El desarrollo de una bebida fermentada a partir de la pulpa del café se realizó en tres grandes etapas: la artesanal, la piloto y la de escalamiento.

En la etapa artesanal se utilizaron baldes plásticos de 21 litros de capacidad. En la etapa piloto se utilizó un fermentador o biodigestor de 3 litros de capacidad, con control de pH, temperatura, velocidad de agitación y aditamentos para extracción de muestras.

Tanto la primera como la segunda etapa se ejecutaron en la Planta Piloto Agroindustrial del ITCR.

La etapa de escalamiento incluyó pruebas iniciales en fermentadores de 7 litros y las escalas de 15, 25 y 50 litros de capacidad. Cada etapa de escalamiento se realizó por triplicado y tuvo lugar en el CENIBiot.

Para la etapa artesanal se tomó como base el diagrama de flujo de la práctica de especialidad de

Chaves y González (2004), cuyo esquema se presenta en la figura 1.

A lo largo de las etapas artesanal, piloto y de escalamiento este diagrama de flujo fue modificándose hasta llegar al diagrama correspondiente a la figura 3. La descripción detallada de la metodología permitirá entender la transformación paulatina del diagrama de la figura 1.

## Recolección de la materia prima

Con el propósito de darle un buen aprovechamiento a la broza de café generada en los beneficios del país, se empezó con pruebas en muestras viejas, ya almacenadas y depositadas en el campo para su transformación en abono orgánico. Luego se pasó al muestreo de broza del día con transporte en hielera. Posteriormente, se utilizó transporte refrigerado y finalmente se practicó muestreo y prensado in situ.

## Prensado de la broza

Se realizaron pruebas con una "prensa francesa", una prensa de tornillo utilizada para extracción de líquidos en diversos residuos agroindustriales y una prensa hidráulica, con aplicación de una presión de 2000 libras fuerza por pulgada cuadrada.

## Elaboración del mosto

Para este proceso se realizaron pruebas con diferentes formulaciones, cuyas diferencias se basaron básicamente en tres elementos: Relación jugo:agua, nivel de azúcar o °Brix y nivel de ácido (directamente relacionado con el pH del mosto). La acidez se ajustó con una solución al 10% de ácido cítrico.

## Pasteurización

Para la ejecución de esta etapa se utilizó equipo piloto de la Planta Piloto Agroindustrial del ITCR. Dependiendo del volumen de mosto elaborado, se empleó una marmita eléctrica de 60 litros de capacidad o un tanque de pasteurización de leche de 100 litros. Las marcas del equipo son EISA y TRANSMETAL respectivamente.

## Levadura de fermentación

Este es un insumo que, pese a utilizarse en una pequeña concentración, es de gran importancia para la calidad del producto terminado y por eso se seleccionó cuidadosamente.

Los aspectos considerados fueron tres: concentración de aplicación, método de aplicación y cepa que se utilizaría.

Con respecto a la concentración, en todo momento se aplicó la recomendación literaria: 0,05% P/V de la cantidad total de mosto.

Para definir la metodología de aplicación de la levadura se comenzó diluyéndola en agua azucarada, manteniéndola antes de la inoculación en una estufa a 40° C. Posteriormente, una vez pesada la cantidad necesaria de levadura, esta se diluyó en el mínimo necesario de agua a 40° C y se inoculó en los fermentadores utilizando una vía especial.

La cepa de trabajo fue tema de una práctica de especialidad realizada por Lidieth Ureña y financiada por el INFOCOOP. Gracias al Sr. Salmom, del INRA, Montpellier, Francia, se obtuvieron cuatro cepas de levaduras especializadas en fermentación de pulpa de frutas. Se trata de las cepas *Saccharomyces Cerevisiae Bayanus S6U*, *Saccharomyces Cerevisiae Davis 522*, *Saccharomyces Cerevisiae Levuline ALS* (levadura seca activa) y *Saccharomyces Cerevisiae Vitilevure C*. Se utilizó, además, la levadura de panificación *Saccharomyces Cerevisiae* comercial. Los parámetros utilizados para la selección fueron los siguientes: velocidad de fermentación y aceptación (definido por análisis sensorial, con pruebas hedónicas).

## Proceso de fermentación

Estos detalles se definieron en la etapa de escalamiento con el equipo del CENIBiot. En todos los casos, los fermentadores utilizados son de la marca APLIKON. En ellos se cuenta con control de temperatura, pH, oxígeno y velocidad de agitación.

Para definir la variable agitación se ejecutaron dos corridas cuyos parámetros de fuente de pulpa, relación jugo:agua y °Brix fueron los mismos. La diferencia estuvo en la velocidad de agitación: 100 y 300 rpm. A lo largo del proceso fermentativo se midieron el pH, el °Brix, la concentración de glucosa

y la concentración de fructosa. En el producto terminado se midió la concentración de alcohol para tener una eficiencia del proceso.

Con respecto a la terminación del proceso fermentativo, este fue detenido inicialmente en el momento en que el grado Brix del producto en fermentación se mantuvo constante (con respecto al anterior muestreo). Posteriormente, el proceso fue detenido al llegarse a un  $\Delta$  Brix definido.

## Clarificación

Como proceso para la eliminación de la levadura y otros sólidos no solubles del producto terminado, se efectuaron tres operaciones: decantado, centrifugación y filtroprensado.

Con respecto al decantado, una vez detenido el proceso de fermentación se esperó un día para permitir la sedimentación. Se extrajo el fluido fermentado con la ayuda de bombas peristálticas marca Thermo scientific, Modelo Manostat Vera 72-317-000.

La centrifugación se realizó en lotes de 10 litros, con una velocidad de 4500 rpm, a una temperatura de -5° C y por un tiempo total de 20 minutos, aplicados en dos turnos de 10 minutos cada uno. La centrifuga utilizada es marca TERRICH ZENTRIFUGEN, modelo Roto Ailenta 630-RS.

Finalmente, se aplicó un filtroprensado para darle un aclarado al producto final.

## Resultados

Una vez desarrollada la metodología descrita, en la cual se aplican diferentes alternativas para cada etapa de proceso según la disponibilidad, se llega a la recomendación de adoptar el siguiente diagrama de flujo. Se describe la alternativa recomendada y aplicada en la última etapa de escalamiento (100 litros de volumen en triplicado). Cada una de estas etapas está sujeta a mejoras y modificaciones según cambien las condiciones de los procesadores y su acceso a tecnología, recursos humanos y recursos económicos. No obstante, el producto obtenido mediante esta propuesta tiene alta aceptación, según un análisis sensorial hecho en el CITA.

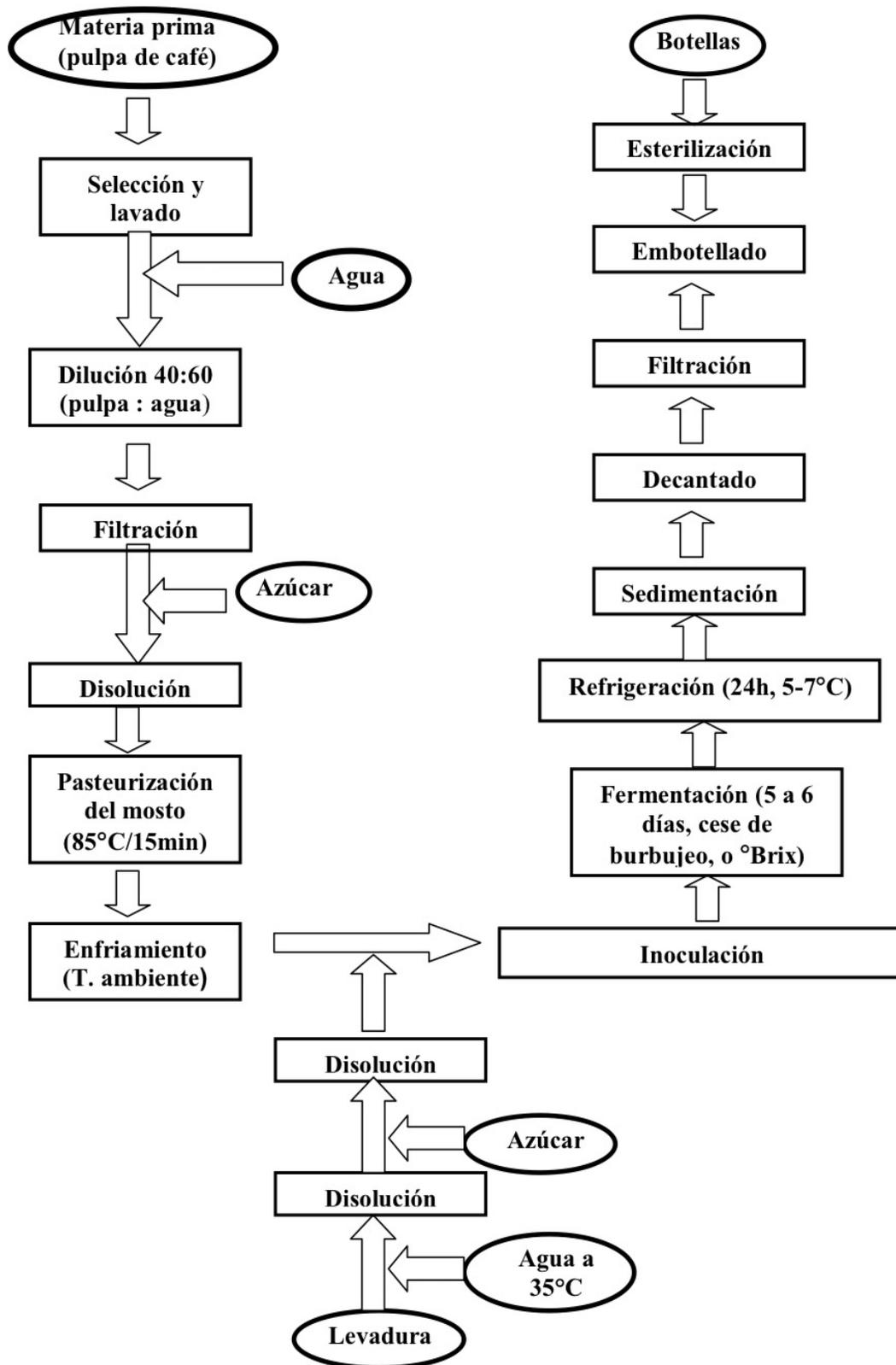


Figura 1. Elaboración de bebida fermentada a partir de café.  
Chaves y González (2004).



Fig. 2. Equipo utilizado respectivamente en las etapas artesanal, piloto y de escalamiento.

### Recolección de la materia prima

Por la composición de este residuo agroindustrial (alta humedad y alta concentración de azúcares fermentables), la recolección de la materia prima debe hacerse de manera inmediata al despulpado o chancado. De inmediato la broza debe lavarse, prensarse o, en su defecto, congelarse, para esperar el momento apropiado de su prensado.

### Prensado de la broza

Se seleccionó la bomba hidráulica, aunque se recomendó una investigación dirigida a determinar la posibilidad de aplicar un tornillo sin fin, para darle a esta operación una naturaleza continua.

### Elaboración del mosto

Para definir la formulación se utilizaron como guía los resultados de análisis sensoriales, específicamente pruebas hedónicas. El nivel de acidez se fijó por seguridad microbiológica y el grado de azúcar; además de las pruebas de preferencia, se definió pensando en alcanzar un grado de alcohol adecuado. Se diluyó el jugo de la broza (producto del prensado) con agua en una relación 7:3. Se agregó agua hasta alcanzar un valor de °Brix cercano a 29 y se acidificó con ácido cítrico hasta alcanzar un pH de 4,6.

### Pasteurización

Se aplicó una temperatura de 85° C por 15 minutos en marmita eléctrica. Se estima que una pasteurización en pasteurizador de placas puede causar mucha sedimentación en las paredes y causar problemas de transferencia de calor.

### Levadura de fermentación

Después de elaborar la bebida fermentada con cinco cepas de *Saccharomyces*, cuatro cepas especializadas en fermentación de pulpas de frutas y la *Cerevisiae*, comercializada a nivel nacional para elaboración de pan, se escogió la última levadura mencionada por razones de costos y porque la aceptación de parte de los consumidores no mostró diferencias significativas.

El informe de análisis sensorial realizado en el CITA dice textualmente: "No se encontró diferencia significativa en el aroma de las bebidas elaboradas con distintos tipos de levadura, ni tampoco hay diferencia significativa en el agrado del aroma de las respectivas muestras. De esto se concluye que la selección del tipo de levadura a utilizar como parte del proceso de elaboración de la bebida fermentada de la broza del café, puede ser escogida por otro criterio y no por la evaluación realizada con los consumidores dado que no hay ni un mejor aroma entre ellas, ni una preferencia, todas fueron valoradas de una manera muy parecida".

### Proceso de fermentación

Con respecto a la agitación, no se encontraron diferencias entre las dos velocidades utilizadas para cuatro de las cinco variables analizadas. Solamente el pH para ambas velocidades mostró diferencia pero de manera arbitraria, sin una tendencia definida en ninguno de los casos. Pensando en la extrapolación del proceso a una pequeña o mediana empresa, se decidió agitar a 300 rpm durante media hora después de iniciado el proceso fermentativo. Se aplicó este mismo periodo de agitación y esta misma velocidad cada dos días y, finalmente, las mismas condiciones al determinarse que el proceso fermentativo debía detenerse.

Las condiciones de temperatura se seleccionaron en función de la recomendación literaria, tomando en cuenta la experiencia de otros autores que han trabajado en el tema: 28-29° C. En esta selección se considera no solo la velocidad del proceso sino la aceptación sensorial del producto terminado.

La finalización del proceso se aplicó tras un cambio en el °Brix de 11-12 unidades, en razón de la aceptación del producto y para evitar el inicio de una fermentación acética.

### Clarificación

Esta importante operación se realizó con el equipo disponible. Se decidió centrifugar y luego filtrar. No obstante, durante el almacenamiento se observaron sedimentaciones de una materia transparente que aparentaba estar constituida por gomas. Por esta razón, la autora recomienda aplicar una floculación antes de la centrifugación.

Los resultados obtenidos en este trabajo tienen trascendencia económica, nutricional y ambiental. De un residuo agroindustrial perecedero y de difícil manejo se obtuvo una bebida fermentada y de alto valor nutritivo por su alta concentración de antioxidantes, como lo confirman González y colaboradores (2012). La bebida tiene aceptación sensorial, como lo confirman los resultados obtenidos por el CITA. El material remanente tras el prensado de la broza disminuyó en un 50%, por lo que es más fácil su manejo y menos caro un potencial secado para otros usos. El gasto en el que incurren todos los años los productores de café se reduce aproximadamente a una cuarta parte.

Es interesante el hecho de que a pesar de que se trabajó con un proceso tan antiguo como la fermentación de materias agrícolas, se obtuvo un producto innovador. La innovación consiste precisamente en la materia prima utilizada, la cual ha representado por siglos una preocupación para los costarricenses. Los muy desagradables olores resultantes de una fermentación espontánea no controlada se transforman en una mezcla de aromas y sabores placenteros al paladar; al prensar la broza de manera inmediata a su chancado (despulpado) y proceder a una fermentación provocada, cuidadosa y controlada.

Se recomienda investigar el uso potencial de la torta remanente en la prensa. Muchos intentos se han hecho pero falta una acción integral, en la que se involucren diferentes disciplinas. Debe hacerse un balance detallado de masa y costos, para tener valores exactos de la reducción de gastos y aumento de ganancias al implementar este proceso en los beneficios.

Es recomendable profundizar en la composición del producto final. Desde el punto de vista nutricional, debe conocerse con detalle su composición en antioxidantes, ácidos y cafeína. Los detalles químicos de la fermentación deben conocerse.

Finalmente, si ya el proceso pasó de escala artesanal a escala piloto y se escalonó hasta 100 litros, corresponde ahora implementarlo en una mediana empresa.

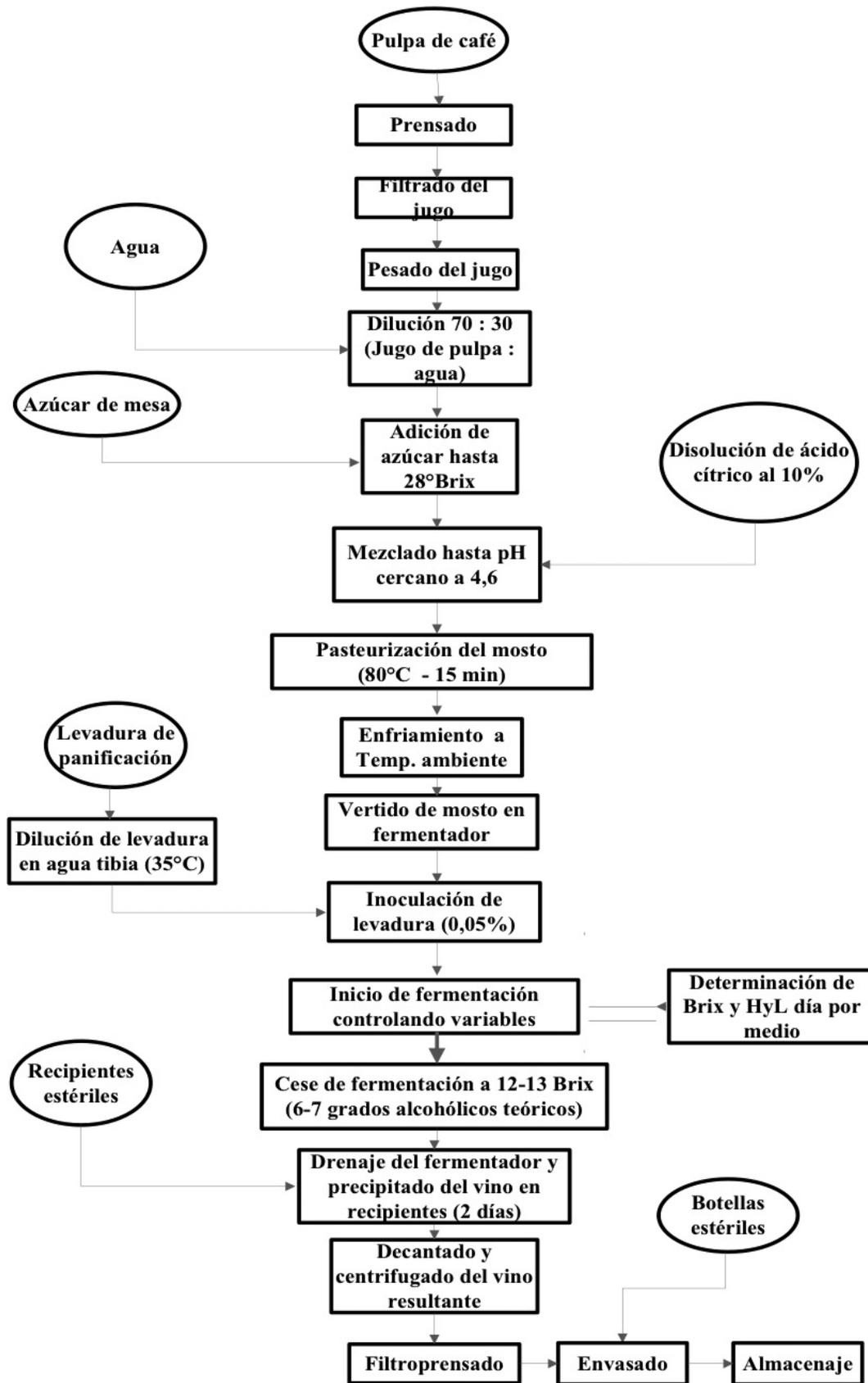


Figura 3. Diagrama de flujo recomendado al concluir la etapa de escalamiento.

## Agradecimientos

La autora agradece a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, al Instituto Nacional de Fomento Cooperativo y al Proyecto CENIBiot N° ALA/2005/017-534 por los financiamientos parciales.

Por su colaboración y asesoría, se agradece al Ing. Iray Mata, Ing. Milagro Rojas, Ing. Lidieth Ureña, PhD Fabrice Vaillant y PhD Max Reynes.

Un agradecimiento sincero a todas las cooperativas cafetaleras que aportaron su trabajo, colaboración y materia prima.

## Bibliografía

- Ahmed, Y. & Carlstrom, C. (2006). *Microbiología de los alimentos: Manual de laboratorio*. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Carrascosa, A.V., Muñoz, R. & González, R. (2005). *Microbiología del vino*. Madrid: Iragra, S.A.
- Chaves, R; González, A. (2004). Plan de negocios para la creación de una empresa elaboradora de vino de frutas tradicionales y exóticas en la Zona de los Santos. Trabajo Final de Graduación para Bachillerato. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Curtis, H. & O'Brien, L. (2009). Microbial Food Cultures. A Regulatory Update. *Food Technology* 63(3): 36-41.
- González, E., Vaillant F., Pérez, A. & Rojas, G. (2012). In Vitro Cell-Mediated Antioxidant Protection of Human Erythrocytes by Some Common Tropical Fruits. *Journal of Nutrition and Food Sciences* 2(3).
- Hornsey, I.A. (1999). *Elaboración de cerveza. Microbiología, bioquímica y tecnología*. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Kanner, J., Frankel, E., Granit, R., German, B. & Kinsella, J.E. (1994). Natural Antioxidants in Grapes and Wines. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 42: 64-69.
- Karagiannis, S., Economou, A. & Lanaridis, P. (2000). Phenolic and Volatile Composition of Wines Made from *Vitis vinifera* Cv. Muscat Lefko Grapes from the Island of Samos. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 5369-5375.
- Le Quére, J.M., Husson, F., Renard, C.M.G.C. & Primault, J. (2006). French cider characterization by sensory, technological and chemical evaluations. *Food Science and Technology*, 39(9): 1033-1044.
- Mermelstein, N.H. (2010). Analyzing wine. *Food Technology* 64(1): 62-66.
- Rathore, S.S.S., Paulsen, M.R., Sharma, V. & Singh, V. (2007). Use of Near-Infrared Spectroscopy for Monitoring Fermentation in a Corn Dry Grind Ethanol Process. *Transactions of the ASABE* 50(6).
- Rojas, M. (2009). Diagnóstico del manejo de la pulpa de café y análisis de la aplicación de bajas temperaturas en la conservación de la misma para ser utilizada en la elaboración de una bebida fermentada. Cartago, C.R.: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Agropecuaria Administrativa.
- Suárez, B., Pando, R., Fernández, N., González, A. & Rodríguez R. (2005). Analytical differentiation of cider inoculated with yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) isolated from Asturian (Spain) apple juice. *Food Science and Technology* 38(5): 456-461.
- Vargas, P. (2010). Obtención de almidón fermentado a partir de yucca (*Manihot esculenta crantz*) variedad Valencia, factibilidad de uso en productos de panadería. *Tecnología en marcha* 23(3): 15-23.
- Velásquez C. (2003). Productos innovadores utilizando la fermentación. *Alimentaria* 67.