UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Obtención de vinagre tipo gourmet a partir de la fermentación de uchuva (*Physalis peruviana* L.)

Diana Cristina Prada Gaitán

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Bogotá D.C.

2015

Obtención de vinagre tipo gourmet a partir de la fermentación de uchuva (*Physalis peruviana* L.)

Diana Cristina Prada Gaitán

Trabajo Final de Maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Química

Dirigido por:

Néstor Ariel Algecira Enciso

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Bogotá D.C.

2015

I may not have gone where I intended to go, but I think I have ended up where I needed to be.

Douglas Adams

Agradecimientos

Quisiera agradecer a mi director, el profesor Néstor Ariel Algecira Enciso, por su orientación, sus enseñanzas y su apoyo durante toda la realización de este proyecto. Asimismo me gustaría agradecer la profesora Coralia Osorio Roa, Dr. Sc. y su grupo de investigación GANAC por todo su apoyo y colaboración en la realización de este proyecto y a Frutos Tropicales RIFRUTBIO, pues este trabajo fue financiado en parte por la Red Nacional para la Bioprospección de este grupo (Contrato RC 0459-2013).

Gracias a Carolina Gutiérrez Cortes, docente del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, por toda su ayuda y apoyo en el área de microbiología y a todo el personal de apoyo de los Laboratorios de Ingeniería Química por su colaboración y continua disposición para ayudarme. También quisiera extender mi agradecimiento a los chefs del Centro Nacional de Hotelería y Turismo del SENA, los chefs de los Cursos de Extensión de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca y demás expertos en culinaria que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

Gracias a todos mis compañeros del programa de posgrados en Ingeniería Química y Ambiental por sus consejos y buenos deseos. También a mis amigos, por siempre impulsarme y darme ánimos.

Finalmente, quisiera agradecer a mis padres y mis hermanos, por siempre creer en mí y apoyarme en todos mis proyectos, así como por ser los primeros en tolerar el olor a vinagre caliente.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un vinagre a partir de la fermentación alcohólica y acética de uchuva (*Physalis peruviana* L.), con características fisicoquímicas y organolépticas adecuadas para su uso en cocina gourmet. Se aplicó el método de despliegue en función de la calidad para el diseño del vinagre como producto y la identificación de los atributos que debía cumplir. Posteriormente se realizó la elaboración del vinagre con las características sugeridas en el paso anterior. Se determinaron las características fisicoquímicas para evaluar y realizar un ajuste de condiciones operación en la elaboración. Finalmente se realizó la evaluación de características sensoriales del vinagre producido. Se obtuvo un vinagre de alta calidad con un contenido de ácido acético de aproximadamente 5% en peso, un contenido de alcohol etílico inferior al 0.5% permitido por la normatividad colombiana y un valor de pH de 2.8. En cuanto a características organolépticas se obtuvo un líquido de color amarillo ámbar, brillante, ligero, aromático y de un olor característico propio de la uchuva.

Palabras clave: Uchuva, Vinagre, Gourmet, Fermentación alcohólica y acética, Diseño de producto, Despliegue en función de la calidad, QFD.

Abstract

The objective of this work was to develop and obtain vinegar from alcoholic and acetic fermentation of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.); with physicochemical and organoleptic characteristics that makes it suitable for its use in gourmet cuisine. For the product design and the product characteristics identification, Quality Function Deployment (QFD) method was used. Subsequently, the vinegar was manufactured using the suggested features in the previous step. The physicochemical characteristics were measured to evaluate and adjust the operating conditions of the elaboration process. Finally it was performed a sensory analysis to determine the organoleptic characteristics of the produced vinegar. High quality vinegar was obtained with a content of about 5% of acetic acid, ethyl alcohol content below 0.5% and a pH value of 2.8. The cape gooseberry vinegar is an amber, bright, light, aromatic liquid with its own characteristic aroma.

Keywords: Cape gooseberry, Vinegar, Gourmet, Alcoholic and Acetic Fermentation, Product Design, QFD.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **IX**

Lista de figuras ..... **XIII**

Lista de tablas ..... **XIV**

Lista de ilustraciones ..... **XVI**

Introducción **1**

1. Marco Teórico **3**
1.1 Generalidades de la uchuva 3
1.1.1 Uchuva (*Physalis peruviana* L.) 3
1.1.2 La uchuva en Colombia. 4
1.2 Fermentación para transformación de alimentos. 5
1.2.1 Fermentación alcohólica. 5
1.2.2 Fermentación acética. 6
1.3 Vinagre 7
1.3.1 Producción y usos. 9
1.3.2 Métodos de elaboración. 11
1.3.3 Defectos del vinagre. 15
1.4 Metodología de diseño de producto. 16
1.4.1 Despliegue en función de la calidad. 16

2. Materiales y métodos. **21**
2.1 Diseño de producto. 21
2.2 Elaboración del vinagre. 22
2.2.1 Preparación de la materia prima. 22
2.2.2 Fermentación alcohólica y acética. 23
2.3 Evaluación de las condiciones de operación. 25
2.3.1 Fermentación alcohólica. 26
2.3.2 Fermentación acética. 26
2.3.3 Maduración. 28
2.3.4 Caracterización producto final. 29
2.4 Evaluación sensorial del producto. 29
2.4.1 Prueba de comparación por pares. 30
2.4.2 Prueba de ordenación. 30

3. Presentación y discusión de resultados. **31**
3.1 Metodología QFD: Casa de la calidad. 31

3.1.1 Requerimientos del usuario y matriz de planeación. 31
3.1.2 Características técnicas y matriz de correlación. 32
3.1.3 Matriz de relación y matriz técnica. 33
3.2 Elaboración del vinagre. 35
3.3 Evaluación de las condiciones de operación. 38
3.3.1 Fermentación alcohólica. 38
3.3.2 Fermentación acética. 39
3.3.3 Maduración en barriles de madera. 40
3.4 Evaluación sensorial del producto final. 42
3.4.1 Prueba de comparación por pares. 45
3.4.2 Prueba de ordenamiento. 47

4. Conclusiones y recomendaciones 51

A. Anexo: Entrevista de identificación de especificaciones de producto. 53

B. Anexo: Curva de calibración para la determinación de contenido de plomo. 55

C. Anexo: Ficha técnica del producto. 57

D. Anexo: Diagrama de operaciones propuesto. 59

5. Bibliografía 61

Lista de figuras

Pág.

Figura 1 Producción de vinagre en Colombia en miles de hectolitros 1993-2012. 10

Figura 2 Proporción de producción de vinagre de frutas en la producción de vinagre nacional en miles de hectolitros 2002-2012. 11

Figura 3 Oxidación de etanol a ácido acético por bacterias. 12

Figura 4 Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de vinagre. 15

Figura 5 Casa de la Calidad. 18

Figura 6 Diagrama esquemático de la acetificación por el método Orleans. 24

Figura 7 Matriz de correlación para características técnicas de vinagre de uchuva. 33

Figura 8 Casa de la calidad para el vinagre de uchuva. 34

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos para la uchuva (*Physalis peruviana* L.) 4

Tabla 2 Tipos de vinagre de acuerdo a su origen. 8

Tabla 3 Tipos de vinagre de acuerdo a su uso o destino. 8

Tabla 4 Ejemplos de productos frescos que se pueden fermentar para producir vinagre. 9

Tabla 5 Precios promedio de los tipos comunes de vinagre en el mercado colombiano. 11

Tabla 6 Microorganismos usados en la producción de diferentes tipos de vinagre. 13

Tabla 7 Atributos identificados como requerimientos de usuario. 31

Tabla 8 Características del mosto alcohólico obtenido en el primer lote. 36

Tabla 9 Características del vinagre obtenido en el primero lote. 37

Tabla 10 Número más probable de coliformes totales para las muestras de vinagre. 37

Tabla 11 Recuento de mesófilos aerobios para las muestras de vinagre. 38

Tabla 12 Características del mosto alcohólico obtenido en el segundo lote. 39

Tabla 13 Características del vinagre madurado obtenido en el segundo lote. 41

Tabla 14 Análisis contenido de plomo de los vinagres madurados producidos en el segundo lote 42

Tabla 15 Codificación muestras de vinagre para Pruebas de Pareamiento y Pruebas de Ordenación 42

Tabla 16 Descriptores de olor y su respectiva frecuencia para cada muestra de vinagre. 43

Tabla 17 Descriptores de olor y su respectiva frecuencia para cada muestra de vinagre. 44

Tabla 18 Datos prueba de comparación pareada para atributo calidad. 45

Tabla 19 Resultado prueba de comparación pareada para atributo calidad. 45

Tabla 20 Suma de rangos para ordenación atributo calidad. 46

Tabla 21 Suma de rangos de ordenación para atributo calidad 6 muestras de vinagre... 47

Tabla 22 Diferencias entre las sumas de rangos en atributo calidad. 48

Lista de ilustraciones

Pág.

Ilustración 1 Filtración mosto alcohólico..... 24

Ilustración 2 Diluciones para determinación de mesófilos aerobios y coliformes totales. 25

Ilustración 3 Siembra de muestras de vinagre en medios EMB y SPC. 25

Ilustración 4 Bacteria ATCC *Acetobacter aceti* liofilizada..... 27

Ilustración 5 Activación de la bacteria *Acetobacter Aceti*. 27

Ilustración 6 Preparación de la incubación de la bacteria. 27

Ilustración 7 Bacteria *Acetobacter aceti* activada. 27

Ilustración 8 Clarificación muestras de vinagre..... 28

Ilustración 9 Clarificación muestras de vinagre (acercamiento). 28

Ilustración 10 Barril de roble blanco colombiano. Capacidad 1.5 L..... 29

Ilustración 11 Muestras de vinagre obtenido en el primero lote. 37

Ilustración 12 Comparación color vinagre obtenido en el segundo lote (derecha) contra vinagre obtenido en el primer lote (izquierda)..... 41

Introducción

Actualmente en Colombia se puede encontrar una amplia variedad de productos agrícolas que se venden como frutos de consumo directo sin valor agregado, lo que da espacio al desarrollo de nuevos productos a partir de estas materias primas. La aparición de estos productos también representa la entrada a nuevos mercados. Por estas razones el estudio de los procesos de transformación, ya sean químicos o bioquímicos, para la obtención de nuevos productos se vuelve muy importante.

El uso de bioprocesos permite no solo aumentar la vida útil de los alimentos, también permite obtener nuevos productos a partir de algunas materias primas vegetales o animales. Uno de los bioprocesos más conocidos es la fermentación, usada para producir bebidas alcohólicas, vinagres, yogures, saborizantes, agentes estabilizantes, entre otros. Antiguamente este proceso se utilizaba principalmente para conservación de alimentos, principalmente en lugares con presencia de estaciones, pero ha cambiado a lo largo de la historia para encontrar nuevos sabores y experiencias culinarias.

Dentro de los productos agrícolas colombianos más destacados se encuentra la uchuva (*Physalis peruviana* L.), un frutal exótico con un mercado importante y creciente a nivel internacional. Se comercializa como fruta fresca de buena o excelente calidad aunque presenta problemas con procesos de acondicionamiento, cantidad o continuidad de producción, por lo que no se aprovechan al máximo las oportunidades de mercado. Por este motivo se propone utilizar bioprocesos, tales como la fermentación alcohólica y acética, en la transformación del fruto de uchuva con el fin de darle un valor agregado a este conocido producto y encontrar nuevas posibilidades de mercado de esta materia prima.

El presente proyecto tiene como principal objetivo desarrollar un vinagre a partir de la fermentación alcohólica y acética de uchuva con características fisicoquímicas y organolépticas adecuadas para su uso en cocina gourmet. Por lo tanto diseñar el proceso

que permite producir vinagre de uchuva con las especificaciones requeridas por la normatividad colombiana vigente (Resolución 775 de 2008) y determinar las características fisicoquímico y organolépticas requeridas para usar vinagre de uchuva en cocina gourmet.

El documento presenta una descripción del marco teórico en el cual se basa el proyecto, se mencionan propiedades de la uchuva, de la fermentación como bioproceso de transformación y del vinagre, su elaboración y características. Posteriormente se muestra la metodología experimental utilizada, las condiciones de operación y análisis realizados. Finalmente se presentan los ajustes realizados al proceso y el producto final obtenido con sus respectivas características fisicoquímicas. Adicionalmente se propone un diagrama de operaciones para el proceso de elaboración del producto y las características fisicoquímicas y organolépticas satisfactorias.

1. Marco Teórico

1.1 Generalidades de la uchuva

1.1.1 Uchuva (*Physalis peruviana* L.)

La uchuva (*Physalis peruviana* Linnaeus) es una planta que pertenece a la familia *Solanaceae* y el género *Physalis*. Es una planta nativa de la región de los Andes, puede crecer en un amplio intervalo de altura sobre el nivel del mar y crece a una temperatura de 18°C. El fruto, conocido con el mismo nombre, es una baya jugosa de forma ovoide y un diámetro que oscila entre 1.25 y 2.50 cm y un peso entre 4 y 10 gramos (Puente, Pinto-Muños, Castro, & Cortés, 2011). Se caracteriza por ser un fruto azucarado y de un alto valor nutricional, ya que es una buena fuente de vitamina A y vitamina C, también presenta cantidades importantes de vitaminas del complejo B, como lo son la tiamina, la niacina y la vitamina B12. Presenta alto contenido de proteína y fósforo (Ligarreto, Lobo, & Correa, 2005). Es de gran interés debido a sus propiedades antioxidantes, que se encuentran asociadas al contenido de polifenoles (Puente, Pinto-Muños, Castro, & Cortés, 2011).

Al fruto se atribuyen varias propiedades medicinales como antiespasmódico, diurético, antiséptico, sedante, analgésico y antiparasitario. Estos beneficios están asociados mayormente a su composición nutricional (Puente, Pinto-Muños, Castro, & Cortés, 2011). En la Tabla 1 se encuentran algunos parámetros fisicoquímicos de la fruta encontrados en la literatura.

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos para la uchuva (*Physalis peruviana* L.)[1]

Parámetro	Contenido		
	Marín (2009)	Restrepo (2008)	Botero (2008)
°Brix	14.30±0.80	13.80±0.32	13.73±0.49
pH	3.39±0.06	3.39±0.06	3.67±0.12
Acidez* (%)	2.05±0.15	2.10±0.26	1.90±0.26
a_w	0.988±0.002	0.985±0.002	0.989±0.030

*Expresada como % de ácido cítrico.

1.1.2 La uchuva en Colombia.

La uchuva cultivada en Colombia pesa entre 4 a 5 gramos y tiene un contenido promedio de pulpa que va del 85 al 94% dependiendo de si se incluye la cáscara del fruto. El contenido de sólidos solubles es de aproximadamente 14°Brix. La acidez titulable de este fruto es elevada y se encuentra en un valor entre 1.3 y 1.8% expresado en ácido cítrico (Ligarreto, Lobo, & Correa, 2005). Estas características, entre otras, hacen de la uchuva una materia prima apropiada para desarrollar y elaborar diferentes productos conservados (Camacho & Sanabria, 2005).

La uchuva además es un fruto exportable y Colombia es el primer productor mundial, seguido por Sudáfrica (Puente, Pinto-Muños, Castro, & Cortés, 2011). En Colombia, el principal productor es el departamento de Cundinamarca, con un rendimiento anual promedio de 20 toneladas por hectárea, también hay una producción relevante en Boyacá y Antioquia (Sanabria, 2005).

Para el año 2005, la oferta internacional de uchuva creció en mayor proporción que la demanda. Este fenómeno implica precios bajos, que desestimula la producción y reduce las ventajas de la comercialización de la fruta como producto de consumo fresco (Sanabria, 2005). Es en este punto donde entran las tecnologías de transformación, las cuales brindan la oportunidad no solo de aprovechar el fruto sino de aumentar las posibilidades de mercado.

[1] Tomado de Puente, L., Pinto-Muños, C., Castro, E., & Cortés, M. (2011). *Physalis peruviana Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review*.

1.2 Fermentación para transformación de alimentos.

La fermentación es un proceso de transformación química que es catalizado por enzimas producidas por microorganismos (Guizani & Mothershaw, Fermentation, 2006). Ha sido usada en la transformación de alimentos alrededor del mundo desde antes que se tuviera conocimiento de su relación con los microorganismos. En cuanto al alimento, el mayor cambio está en el incremento de la vida media, aunque también se pueden presentar cambios en el valor nutricional y en el perfil sensorial del producto, característica de gran interés en la industria (Adams & Moss, 2000).

La mayoría de alimentos fermentados son producidos por la actividad de hongos (levaduras y mohos) o bacterias acido-lácticas. Estos dos grupos de microorganismos comparten un nicho ecológico, y tienen la capacidad de crecer a bajos pH y actividad acuosa reducida, sin embargo, solo las bacterias acido-lácticas y las levaduras facultativas pueden desarrollarse en condiciones anaeróbicas (Adams & Moss, 2000).

1.2.1 Fermentación alcohólica.

La fermentación alcohólica es un proceso metabólico que tiene como fin proveer energía a través de una vía anaeróbica. Es llevada a cabo por diversos microorganismos, usualmente levaduras, los cuales transforman una fuente rica en azúcares o carbohidratos en etanol y dióxido de carbono principalmente y en menor proporción otras sustancias como glicerol, acetaldehído y ácido succínico (Hernández, 2003). Estos subproductos de baja concentración pueden originarse a partir de la misma fermentación a través del anabolismo o por el catabolismo de algunos componentes presentes en el medio (Rainieri & Zambonelli, 2009).

- Levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares de morfología simple. Su hábitat natural son ambientes ricos en nutrientes como néctar de plantas, frutas y fluidos corporales de animales (Adams & Moss, 2000). Las levaduras fermentan solo carbohidratos con seis átomos de carbono (hexosas) y prefieren sustratos ácidos, por lo que crecen de forma

adecuada en medios que tienen un pH entre 3 y 5 (Rainieri & Zambonelli, 2009). La mayoría de las levaduras fermentativas se desarrollan más eficientemente de forma aeróbica ya que un ambiente anaeróbico exige requerimientos nutricionales adicionales.

En presencia de oxígeno, el metabolismo de azúcar sigue de acuerdo a la ecuación 1 (reacción de respiración):

$$\underset{Glucosa}{C_6H_{12}O_6} + \underset{Oxígeno}{6O_2} \rightarrow \underset{Agua}{6H_2O} + \underset{Dióxido\ de\ Carbono}{6CO_2} \quad (1)$$

En ausencia de oxígeno, el crecimiento de las levaduras es mucho más lento y el metabolismo se lleva a cabo de acuerdo a la ecuación 2 (fermentación):

$$\underset{glucosa}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{Alcohol\ etílico}{2C_2H_5OH} + \underset{Dióxido\ de\ Carbono}{2CO_2} \quad (2)$$

Si la concentración de azúcar excede el 5% en el medio, se produce un efecto conocido como el “efecto Pasteur” en el cual la vía fermentativa prevalece por encima de la vía respiratoria (Rainieri & Zambonelli, 2009).

Aunque existen una gran variedad de levaduras, para fermentar alimentos se usan comúnmente las levaduras *Ascomycetous* o miembros del género *Candida*. La más frecuentemente usada para fermentar bebidas y alimentos basados en frutas y vegetales es la *Saccharomyces cerevisiae* (Adams & Moss, 2000).

1.2.2 Fermentación acética.

La fermentación acética es el proceso de transformación de etanol en ácido acético y agua de acuerdo con la ecuación 3. Puede ser llevada a cabo por algunas bacterias y otros microorganismos. Es un proceso exotérmico, es decir, libera energía en forma de calor. La velocidad de reacción en este proceso varía en función de la temperatura, razón por la cual el control de la temperatura es un factor de control muy importante; generalmente se debe mantener la temperatura contante entre 30 y 31 ° (Hernández, 2003).

$$\underset{Alcohol\ etílico}{C_6H_5OH} + \underset{Oxígeno}{O_2} \xrightarrow{Bacterias\ acéticas} \underset{Ácido\ acético}{CH_3COOH} + \underset{Agua}{H_2O} \ (\Delta H = -493\ kJ) \quad (3)$$

1.3 Vinagre.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) define al vinagre como un “líquido, apto para el consumo humano, producido exclusivamente de productos con un alto contenido de almidones y/o azúcares por medio de una doble fermentación (alcohólica y acética)”. En Colombia, la Resolución 775 del 6 de Marzo de 2008, define al vinagre como un “producto de la doble fermentación alcohólica y acética de productos de origen agrícola que contengan azúcares o sustancias amiláceas.” Para complementar esta última definición, la Norma Técnica Colombiana 2188 agrega que “No podrá denominarse vinagre a los productos obtenidos por la dilución de ácido acético o a la mezcla de este con vinagre.”

El vinagre es una solución diluida de ácido acético que se puede elaborar a partir de casi cualquier fuente rica en carbohidratos por medio de un proceso de fermentación en dos pasos: fermentación alcohólica y acética. Aparte de ácido acético, el vinagre contiene otras sustancias en menor proporción que influyen en sus características organolépticas y en el contenido de ácido. Estas sustancias dependen de la materia prima usada en la elaboración. No se considera un alimento, pues no tiene gran valor nutricional, sin embargo, es muy usado como agente saborizante y conservante (Solieri & Giudici, 2009).

El vinagre se puede obtener a partir de una gran cantidad de sustratos. Así mismo tiene una gran cantidad de usos, razón por la cual se puede clasificar de acuerdo a su origen y en función al uso o destino del producto. En la Tabla 2 se presenta la clasificación de acuerdo al origen mientras que en la Tabla 3 se encuentran los tipos de vinagre en función de su uso.

Tabla 2 Tipos de vinagre de acuerdo a su origen.[2]

Tipo de Vinagre	Origen	Método de obtención
Vinagre de vino	Vino	Fermentación acética del vino.
Vinagre de alcohol	Soluciones de alcohol etílico	Fermentación acética de alcohol destilado de origen agrícola.
Vinagre de sidra	Sidra, Manzanas.	Fermentación acética de la sidra o sus piquetas.
Vinagre de cereales	Cereal en grano	Fermentación alcohólica y acética de cualquier cereal en grano con almidón desdoblado.
Vinagre de cerveza, malta o cereales	Cerveza o malta de cereales	Fermentación alcohólica y la fermentación acética de una digestión de malta, de cebada o de cereales cuyo almidón haya sido sacarificado.
Vinagre de frutas	Frutas frescas; Vinos de frutas	Fermentación alcohólica y fermentación acética de infusiones, maceraciones o cocimiento de frutas azucaradas.
Vinagre de miel	Miel	Fermentación alcohólica y acética a partir de miel de abejas.
Vinagre de suero de leche	Suero de leche	Fermentación alcohólica y acética de suero de leche.

Tabla 3 Tipos de vinagre de acuerdo a su uso o destino.[3]

Tipo de Vinagre	Características
Para Consumo directo	• Producto transparente, libre de partículas en suspensión, vegetación criptogánica, residuos de animales y vermes (*anguilullaaceti*). • Debe tener olor propio y sabor ácido (no acre). • Sin agentes acidulantes, ácidos, ni edulcorantes. • Se permite la presencia de color caramelo, anhidro sulfuroso y cloruro de sodio.
Vinagre Industrial	• Proveniente directamente de la fermentación, puede ser sometido a filtración. • Puede ser sometido a dilución o concentración.

[2] Adaptada de la Norma Técnica Colombiana NTC 2188 - Industrias alimentarias. Vinagre. (2012)
[3] Adaptada de la Norma Técnica Colombiana NTC 2188 - Industrias alimentarias. Vinagre. (2012)

1.3.1 Producción y usos.

El vinagre es un producto global, generalmente económico y de fácil producción con muchos usos y variaciones que cambian considerablemente dependiendo del mercado (Solieri & Giudici, 2009). Estas diferencias, así como las similitudes que se presentan entre la gran variedad de vinagres del mundo, pueden ser tanto barreras como oportunidades para nuevos productores de vinagre. De acuerdo a la compañía Nielsen, las ventas de vinagre en el mundo han estado creciendo con los vinagres especiales liderando las cifras (The Government of Canada, 2011).

Mientras la producción de vinagre es una industria pequeña en los países industrializados, en países en desarrollo, donde la tecnología de conservación de alimentos son limitadas, el vinagre es un agente de preservación importante (Solieri & Giudici, 2009) razón por la cual existe un gran potencial para esta industria.

En la Tabla 4 se presentan diferentes estudios en los que se usa la producción de vinagre como alternativa de transformación de productos de consumo fresco.

Tabla 4 Ejemplos de productos frescos que se pueden fermentar para producir vinagre.

Producto fresco	Referencia
Cebolla	Horiuchi, Kanno, & Kobayashi (2000)
Tomate	Lee, Cho, Jeong (2013)
Fresa	Ubeda, Callejón, Hidalgo, Torija, Troncoso & Morales (2013)

En Colombia, la producción de vinagre no se ha caracterizado por tener una tendencia definida en los últimos veinte años. En la década de los noventa, como se puede ver en la Figura 1, existieron años en los que la producción de vinagre alcanzó entre 90 y 100 mil hectolitros al año mientras que en otros años se observó una producción de menos de 50 mil hectolitros al año. Ya para los años siguientes, del año 2000 al 2007, la producción de vinagre empezó a crecer ligeramente hasta el año 2008, cuando decae nuevamente y se mantiene estable en aproximadamente 50 mil hectolitros al año (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE , 2015).

Si se comparan los volúmenes de producción de vinagre de los últimos años con volúmenes de productos como las bebidas gaseosas, los cuales se encuentran alrededor de 30 millones de hectolitros en los últimos años (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE , 2015) , se evidencia que no es un mercado de gran volumen, sin embargo, tiene un consumo permanente.

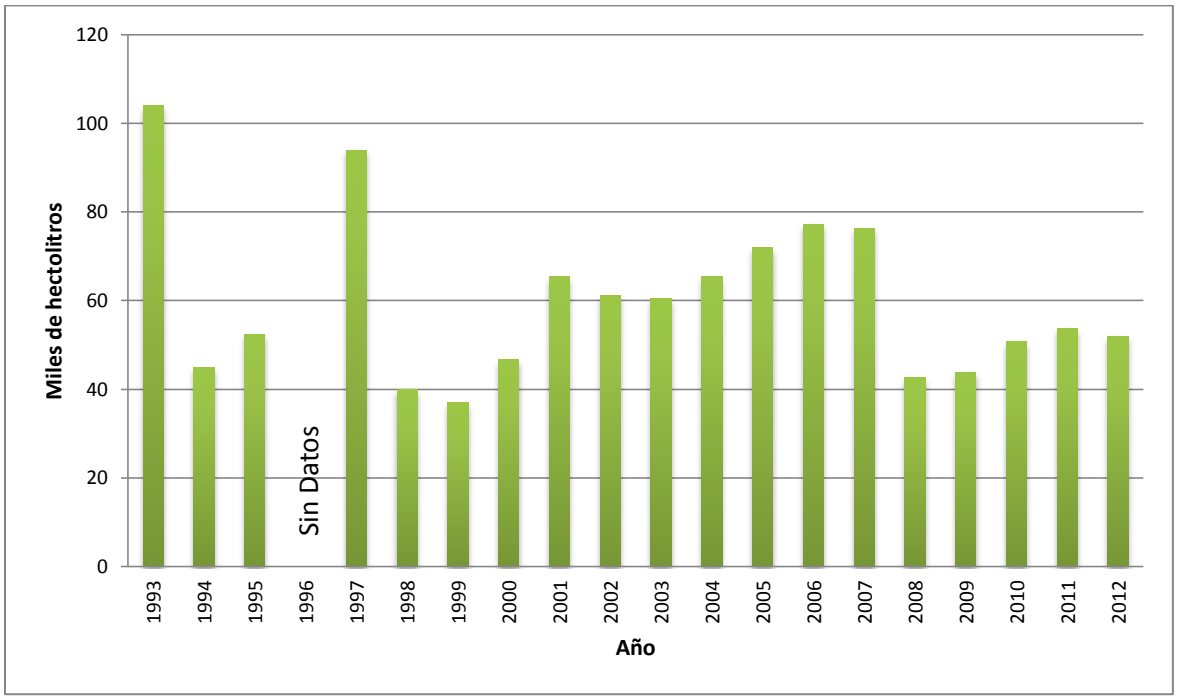


Figura 1 Producción de vinagre en Colombia en miles de hectolitros 1993-2012.[4]

En cuanto al vinagre de frutas, su producción en los últimos años tiene una tendencia al crecimiento, desplazando vinagres tradicionales como el procedente del alcohol de caña de azúcar y logrando una proporción importante en la producción nacional (ver Figura 2).

En el mercado colombiano se pueden encontrar varios tipos de vinagre, tanto nacionales como importados, los precios promedio por tipo se muestran en la Tabla 5.

[4] Adaptado de las bases de datos de la Base de Datos de Productos Básicos Industriales – Naciones Unidas y la Encuesta Anual Manufacturera (EAM)-DANE

Tabla 5 Precios promedio de los tipos comunes de vinagre en el mercado colombiano.[5]

Tipo de Vinagre	Promedio de Precio
Balsámico	$ 12.776
Blanco	$ 2.176
De Arroz	$ 14.505
De Frutas	$ 2.348
de Jerez	$ 9.297
De Vino	$ 6.733

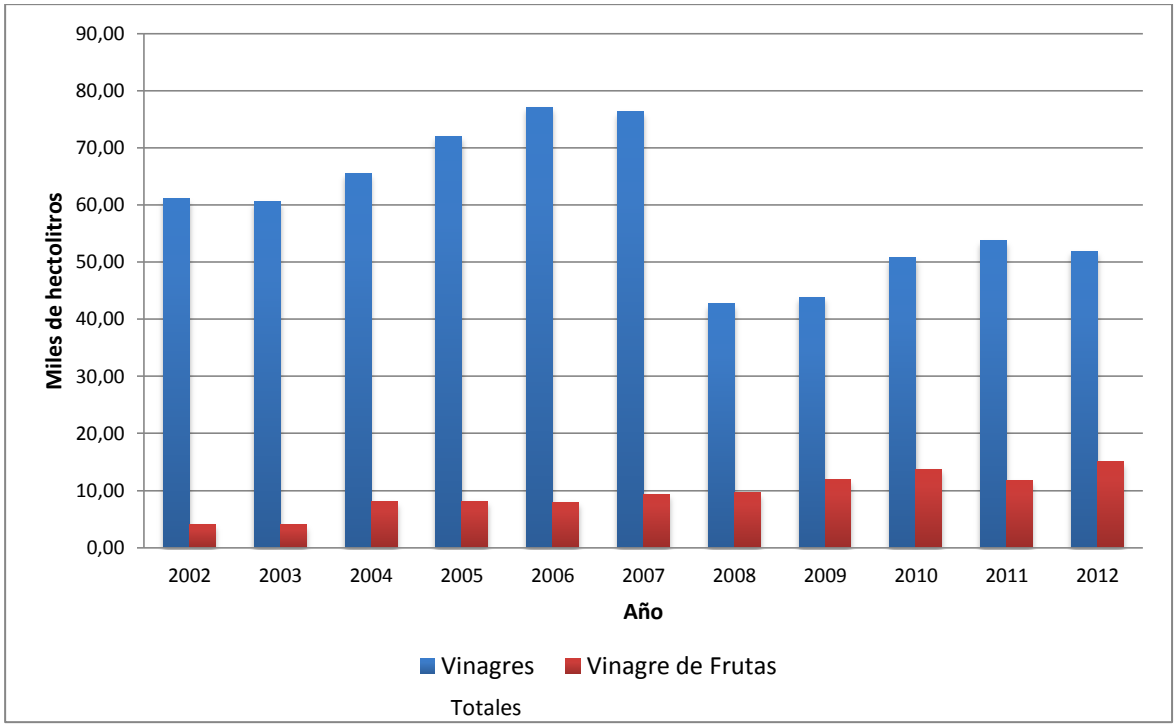


Figura 2 Proporción de producción de vinagre de frutas en la producción de vinagre nacional en miles de hectolitros 2002-2012.[6]

1.3.2 Métodos de elaboración.

El vinagre requiere una fermentación en dos pasos, en el primero se convierten azúcares anaeróbicamente en etanol mientras que en el segundo, el etanol se oxida en ácido

[5] Información recopilada de varios supermercados locales. Información de precios en pesos colombianos.
[6] Adaptado de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM)-DANE.

acético aeróbicamente por *Acetobacter* y *Gluconobacter*. La segunda etapa es un mecanismo común de deterioro de las bebidas alcohólicas (Adams & Moss, 2000). La oxidación del etanol a ácido acético sigue un camino relativamente simple por el que las bacterias obtienen su energía (ver Figura 3). Ocurre en dos pasos mediados por la alcohol-deshidrogenasa y la aldehído-deshidrogenasa.

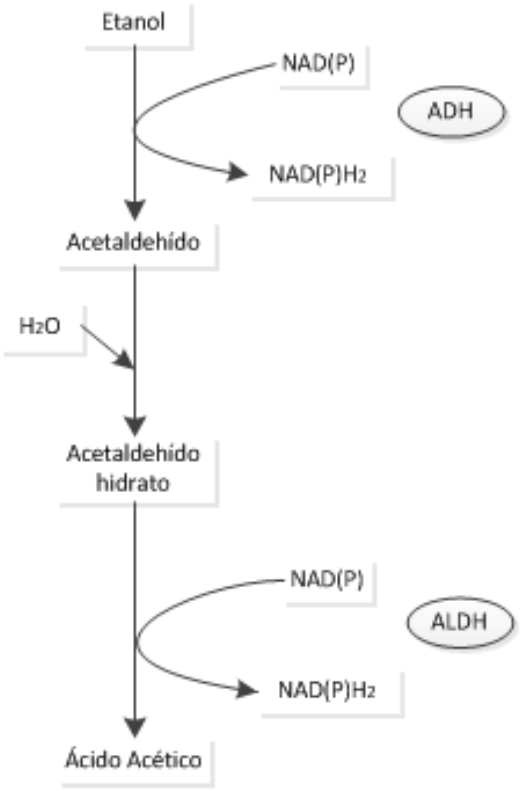


Figura 3 Oxidación de etanol a ácido acético por bacterias.[7]

Existen muchas técnicas de acetificación que se diferencian entre sí por la forma en la que interactúan el etanol, las bacterias y el oxígeno (Adams & Moss, 2000). Con el fin de obtener un producto final satisfactorio se debe garantizar que los microorganismos a usar realicen una oxidación eficiente de etanol, tengan una producción eficiente de ácido acético y una buena tolerancia con el mismo, resistencia a pHs bajos y a agentes

[7] Adaptado de Adams, M., & Moss, M., *Food Microbiology*. Figura 9.14

bacteriófagos. Adicionalmente estos microorganismos no deben ser productores de celulosa ni de aromas indeseados.

La Tabla 6 presenta los microorganismos involucrados en la producción de los tipos más comunes de vinagre (Solieri & Giudici, 2009).

Tabla 6 Microorganismos usados en la producción de diferentes tipos de vinagre.

Tipo de Vinagre	Levadura	Acetobacteria
Vinagre de Cerveza	*Saccharomyces sensu stricto*	*Acetobacter cerevisiae* *Gluconacetobacter sacchari*
Vinagres de Frutas	*Saccharomyces cerevisiae*	*Acetobacter aceti* *Acetobacter pasteurianus*
Vinagre Balsámico Tradicional	*Zygosaccharomyces bailii* *Saccharomyces cerevisiae* *Zygosaccharomyces pseudorouxii* *Candidastellata* *Zygosaccharomyces mellis* *Zygosaccharomyces bispous* *Zygosaccharomyces rouxii*	*Gluconacetobacter xylinus* *Acetobacter aceti* *Acetobacter pasteurianus* *Gluconacetobacter europaeus* *Gluconacetobacter hansenii* *Acetobacter malorum*
Vinagre de Vino	*Saccharomyces cerevisiae*	*Gluconacetobacter europaeus* *Gluconacetobacter oboediens* *Acetobacter pomorum* *Gluconacetobacter intermedius* *Gluconacetobacter entanii*

La elaboración de vinagre se remonta a tiempos ancestrales (alrededor del año 2000 A.C.), por lo cual existen varios métodos de producción del mismo. Estos métodos se pueden dividir en métodos de acetificación con cultivo superficial y métodos de acetificación con cultivo sumergido.

- Acetificación cultivo superficial

En los métodos de acetificación por cultivo superficial, las bacterias acéticas se encuentran en contacto directo con oxígeno gaseoso, situadas ya sea en la interface líquido/gas o adheridas a diferentes materiales que actúan como soportes. La mayoría de los vinagres tradicionales son elaborados de esta forma, mientras que industrialmente se utilizan nuevos procesos (Adams & Moss, 2000). Entre estos métodos se encuentran los siguientes:

Método Orleans o método Pasteur: Es un procedimiento estático que consiste en una serie de recipientes superpuestos y en filas horizontales, con agujeros en cada extremo

de los fondos, los cuales se rellenaban con estopa para evitar la entrada de contaminantes y permitir, al mismo tiempo, la entrada de aire. El sustrato utilizado es una mezcla en igual proporción de vino y vinagre turbio. Es un proceso lento (tarda de 8 a 10 días), con el cual se obtiene un bajo rendimiento en la obtención de ácido (Adams & Moss, 2000).

Método Schuetzenbach o método Luxemburgués: Emplea virutas de madera sumergidas en el líquido, lo cual aumenta la superficie de acetificación y mejora la transferencia de oxígeno. En este proceso se emplean recipientes verticales de doble fondo, el primer fondo agujereado, donde se coloca una capa de virutas de madera impregnadas de vinagre. Este método presenta mejores rendimiento que el método Orleans pero puede presentar algunos problemas como la acumulación de bacterias muertas sobre las virutas, el desarrollo de otras bacterias y un aumento en la temperatura, condición que puede ocasionar la pérdida de componentes volátiles (tales como el alcohol) y bajar el rendimiento en la producción de ácido (Adams & Moss, 2000).

- Acetificación por cultivo sumergido

A diferencia de los métodos de acetificación por cultivo superficial, los métodos de acetificación con cultivo sumergido utilizan bacterias acéticas sumergidas libremente en el líquido a fermentar, en el que adicionalmente se introduce aire constantemente (solo o enriquecido con oxígeno), lo cual permite la máxima transferencia posible de la fase gaseosa a la fase líquida (Hernández, 2003). Entre las ventajas de estos métodos se encuentra que no requiere ninguna clase de material de filtración o material de soporte (como las virutas de madera) y se obtienen rendimientos altos, así como una mayor velocidad de producción con respecto a los métodos tradicionales (25-30 horas). No obstante, al tener un menor tiempo de acetificación se hace necesario un proceso de maduración para lograr unas características organolépticas satisfactorias. Este proceso se puede llevar a cabo de forma discontinua, continua y semi-continua (Adams & Moss, 2000).

Existen dos posibles configuraciones mecánicas del fermentador para llevar a cabo la acetificación con cultivo sumergido, estas son el acetificador y el cavitador. Mientras el acetificador posee un agitador que gira a altas velocidades garantizando una buena distribución del oxígeno que entra con un sistema de aireación, en el cavitador se lleva a cabo la agitación por medio de un tubo hueco ubicado en la mitad del tanque que gira

sobre el eje vertical, succionando el aire hacia el fondo y dispersándolo por todo el tanque (Adams & Moss, 2000).

Típicamente, la producción de vinagre requiere las operaciones mostradas en la Figura 4

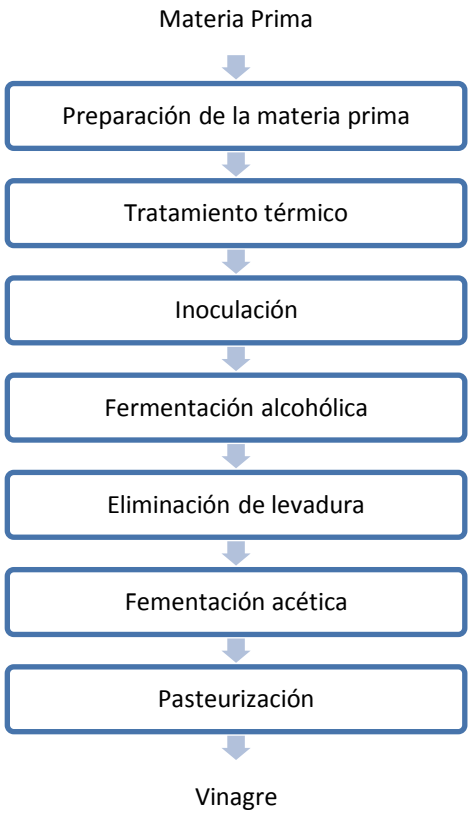


Figura 4 Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de vinagre.[8]

1.3.3 Defectos del vinagre.

En el vinagre se pueden presentar principalmente los siguientes defectos (Solieri & Giudici, 2009):

- Crecimiento de una película celulósica producida por el microorganismo *Gluconaceto bacterxylinus*.

[8] Adaptado de Hernández Alicia, Microbiología Industrial .Esquema 7.1.

- Crecimiento de nematodos o gusanos de la especie *Turbatris aceti* en el líquido fermentado o en los recipientes de almacenamiento. El crecimiento de estos organismos puede traer ventajas, como mantener la acetificación activa ya que se comen las células muertas de las bacterias, pero también desventajas, como reducción de la población bacteriana y de la acidez del vinagre.
- Presencia de polifenoles y formación de espuma.

La presencia de contaminantes indeseados, como arsénico y metales pesados, o alteraciones y se debe al uso de sustancias no permitidas en el proceso de elaboración (ICONTEC, 2012).

1.4 Metodología de diseño de producto.

El diccionario de la Real Academia Española define la palabra gourmet como un sinónimo de gastrónomo o una "persona entendida en el buen comer". Sin embargo, actualmente se asocia más esta palabra a la idea cultural de excelencia, sofisticación y calidad en lo que refiere a la gastronomía. Los alimentos tipo gourmet son productos de la más alta calidad, ricos en sabores, olores y texturas que no se encuentran fácilmente en la cocina del diario vivir (Kamp, 2006).

En busca de este concepto de excelencia y calidad, el sector de los alimentos, como muchos sectores en la industria, se mantiene en continua transformación. Para hacer frente a los continuos cambios del entorno, la innovación y el desarrollo de nuevos productos es una actividad primordial. Para llegar a un diseño óptimo se debe establecer una metodología de diseño de producto que no solo garantice que se cumplen todos los requerimientos de dicho producto, sino que lleve el concepto de calidad en todas las etapas de desarrollo.

1.4.1 Despliegue en función de la calidad.

El despliegue en función de la calidad (QFD por sus siglas en inglés) es un método que permite identificar las exigencias técnicas de un producto que derivan de las necesidades

que tenga el usuario de dicho producto (Yacuzzi & Martín, 2003). Surgió en Japón en 1966 y fue propuesto por Yoji Akao pero no fue reconocido como una metodología formal hasta 1972, año en el que la matriz de calidad, que ahora es la base del QFD, fue desarrollada por Shingeru Mizuno y Yasushi Furukawa. En este punto, el método encontró nuevas aplicaciones en la industria japonesa (Costa, Dekker, & Jongen, 2001). En la década de 1980, la metodología QFD fue introducida en varias compañías americanas como Digital Equipment Corporation, Ford Motor Company y Hewlett-Packard (Yacuzzi & Martín, 2003). En la industria de los alimentos, el método se ha utilizado desde 1987 (Costa, Dekker, & Jongen, 2001).

El uso del método QFD tiene varias ventajas, entre estas están la reducción de la inversión inicial y tiempo de desarrollo, identificación de los requerimientos técnicos a partir de las necesidades de un usuario y características de calidad cuantificables que pueden ser mejoradas (Yacuzzi & Martín, 2003). Sin embargo, existe la desventaja de que, al enfocarse primordialmente en obtener un producto de calidad, se pueden dejar de lado aspectos como costo o ciclo de vida del producto (Benner, Linnermann, Jogen, & Folstar, 2003).

Existen dos enfoques principales para la implementación del QFD. Estos métodos se basan en la construcción de una cascada de matrices de correlaciones (Hauser & Clausing, 1988). El primer enfoque se conoce como “la matriz de matrices de Akao” (“*Akao matrix of matrices*”) y se basa en un sistema de treinta matrices, cada una con una característica específica del proceso de desarrollo. El segundo método se denomina “modelo de cuatro fases” (“*Four-Phase model*” en inglés) y define al producto como varios componentes ensamblados (Park, Ham, & Lee, 2012). Para la fase de diseño de producto del vinagre se tomó el segundo enfoque.

La implementación del método QFD con el enfoque de cuatro fases involucra cuatro pasos: Planeación del producto (Casa de la Calidad), despliegue de diseño, planeación de procesos y planeación de la producción (Park, Ham, & Lee, 2012).

- Casa de la Calidad

La casa de la calidad (HOQ por sus siglas en inglés) es la primera matriz del método QFD. Se conoce con este nombre por la forma de la matiz de correlación (Hauser & Clausing, 1988). Esta matriz identifica los principales requerimientos del usuario del

producto y determina que características técnicas influencian estos requerimientos (Park, Ham, & Lee, 2012). La Figura 5 muestra las seis principales partes de la "Casa de la Calidad".

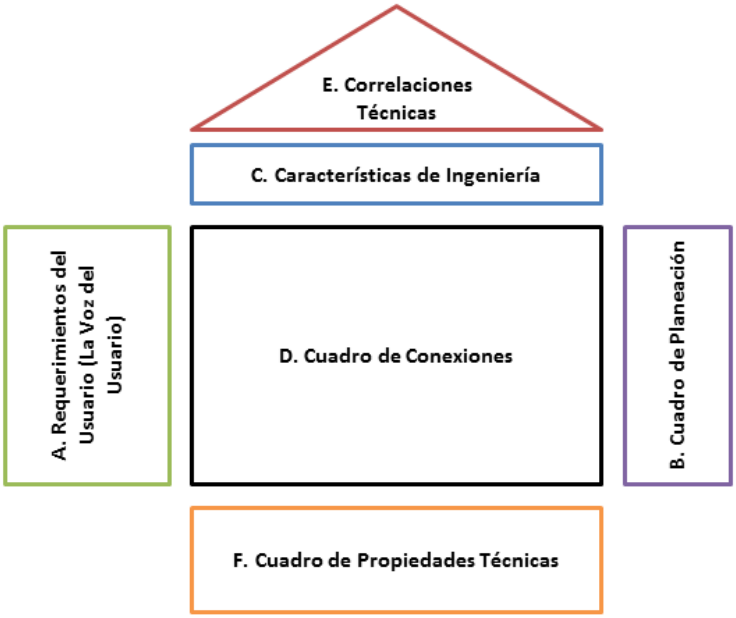


Figura 5 Casa de la Calidad.[9]

- Despliegue de diseño

En esta fase se realiza la correlación y evaluación entre las especificaciones de diseño y las principales características del producto. De esto resultan las especificaciones de las partes o componentes del producto (Park, Ham, & Lee, 2012).

- Planeación de procesos

La planeación del proceso va liderada por los parámetros de manufactura del producto. En este punto las especificaciones de los componentes se correlacionan y se evalúan

[9] Adaptado de "*How to improve the promotion of Korean beef barbecue, bulgogi, for international customers. An application of quality function deployment*" Park, Ham & Lee. (2012) y "*Quality function deployment in the food industry: a review.*" Costa, Dekker & Jongen (2001).

con las características del proceso para encontrar las especificaciones del proceso de producción (Park, Ham, & Lee, 2012).

- Planeación de la producción.

La última etapa del método QFD en cuatro fases se refiere a la correlación de las especificaciones del proceso de manufactura con las características de producción. De esto resultan indicadores y diferentes controles para evaluar continuamente el proceso (Park, Ham, & Lee, 2012).

2. Materiales y métodos.

El desarrollo del proyecto se dividió en cuatro etapas: La aplicación del método de despliegue en función de la calidad para el diseño del vinagre como producto, la elaboración del vinagre con las características sugeridas en el paso anterior, la evaluación y ajuste de condiciones operación en la elaboración y la evaluación de características sensoriales del vinagre producido.

2.1 Diseño de producto.

Para el desarrollo de producto se utilizó el método de Despliegue de la Función de Calidad descrito en el numeral 1.4.1. Para la identificación de especificaciones del producto y selección de condiciones iniciales se utilizó el primer paso de implementación del método, es decir, la construcción de la "Casa de la Calidad". Para construir la Casa de la Calidad, se diseñó una encuesta para obtener las expectativas de varios expertos con respecto a un vinagre gourmet de uchuva e identificar las características técnicas del producto. La encuesta se realizó en dos escuelas de gastronomía y culinaria y se aplicó a ocho chef profesionales. La primera sección de la encuesta consistió en un cuestionario de opinión subjetiva sobre el vinagre como producto en la cocina gourmet. La segunda sección solicitaba a los entrevistados identificar los principales atributos del producto y asignarles un valor de importancia entre 1 y 5, donde 1 equivalía a "no muy importante" y 5 equivalía a "muy importante". El análisis estadístico se realizó utilizando Microsoft© Excel 2010.

2.2 Elaboración del vinagre.

Partiendo de las características de producto final seleccionadas, se inició la etapa de experimentación, donde se realizó la elaboración del producto.

Se realizó una revisión bibliográfica para seleccionar las condiciones iniciales de la experimentación que permitieran cumplir con la Norma Técnica Colombina NTC 2188 (ICONTEC, 2012).

2.2.1 Preparación de la materia prima.

Se utilizaron uchuvas frescas de tipo exportación. Para preparar la materia prima en primer lugar se realizó una clasificación y una selección manual de la fruta a utilizar de acuerdo a características como tamaño, color y olor. Se retiró todo fruto dañado o magullado. Las frutas seleccionadas fueron lavadas con agua tibia para retirar el mucílago. Se realizó otro lavado con agua fría para garantizar la remoción de cualquier partícula indeseada; para evitar las trazas de cloro en el producto final se evitó el uso de hipoclorito en el lavado. Para conservar el color y sabor de la fruta, se realizó un escaldado por inmersión en agua a 80°C por 2 minutos (Borda Molina & Caicedo Orjuela, 2013; Suarez Moreno, 2003). Luego de este proceso, se realizó la extracción de la pulpa y se retiraron semillas y cáscaras. A la pulpa obtenida se le determinó un contenido de sólidos solubles totales (SST) de 12,7°Bx ±0.2 usando un refractómetro marca Atago modelo PAL-1 y un pH de 3.59 ± 0.07 con un pHmetro marca BRIXCO modelo 8681 (Incertidumbre ± 0.2pH). Estos valores de SST y pH indican que algunos de los frutos usados probablemente no se encontraban en su estado final de maduración y contribuyen a un aumento de la acidez de la pulpa (Mier & Cáez, 2011). Seguido a esto se calentó la pulpa a 63°C por 30 minutos, para su pasteurización, se dejó enfriar y se empacó para ser almacenada a 4°C.

2.2.2 Fermentación alcohólica y acética.

- Fermentación alcohólica

Microorganismo: Para la fermentación alcohólica se utilizó una cepa de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Safale US-05) para fabricación de cervezas tipo Ale, de sedimentación media y con una cantidad de células viables al envasado > $6*10^9$/g (Distrines Ltda, 2013).

Preparación del medio de cultivo o mosto: Inicialmente se prepararon tres medios de cultivo diferentes que varían en la cantidad de sacarosa adicionada. Los tres cultivos utilizan una proporción agua-pulpa de 2:1. La cantidad de sacarosa se agrega para ajustar la concentración a 10, 14 y 18°Bx, concentraciones que se encuentran en el intervalo recomendado para evitar la inhibición de la acción de las levaduras por concentración de alcohol. Cada mezcla se pasteriza a 63°C por 30 minutos e inmediatamente se enfría a 4°C y se divide en dos lotes de dos litros cada uno.

Activación e inoculación de la levadura: Para la activación de la levadura se agregaron 11,5 gramos de levadura seca a 450 mL de mosto con 10°Bx a 25°C por 10 minutos. Se utilizaron 75 mL de levadura activada en cada medio de cultivo preparado.

Fermentación alcohólica: La fermentación se lleva a cabo en una configuración simple tipo *Batch* a una temperatura constante de 22°C para todas las muestras. Se aplicó una experimentación factorial 3X2 variando concentración de azúcar (10, 14 y 18°Bx) y tiempo de fermentación (3 y 6 días).

- Fermentación acética

Preparación medio de cultivo o mosto alcohólico: El mosto alcohólico se filtró con tierras diatomeas y papel filtro cualitativo (retención de 3.5 μm) para retirar levadura inactiva y sólidos provenientes del mosto original. Al mosto clarificado se le realizó un tratamiento térmico para detener por completo la fermentación alcohólica, posteriormente se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. Se realizó una medida de pH al mosto para saber si se necesitaba realizar corrección de acidez, al no necesitar corrección se

procedió a corregir la cantidad de alcohol. Para corregir la cantidad de alcohol presente en el mosto se diluyó en una proporción 3 a 1.

Ilustración 1 Filtración mosto alcohólico.

Fermentación acética: Se utilizó para la fermentación una configuración tipo *Batch* de acuerdo al método Orleans de producción de vinagre. Se llevó a cabo una fermentación acética espontánea con cepas nativas a temperatura ambiente, aproximadamente a 18°C, durante 30 días.

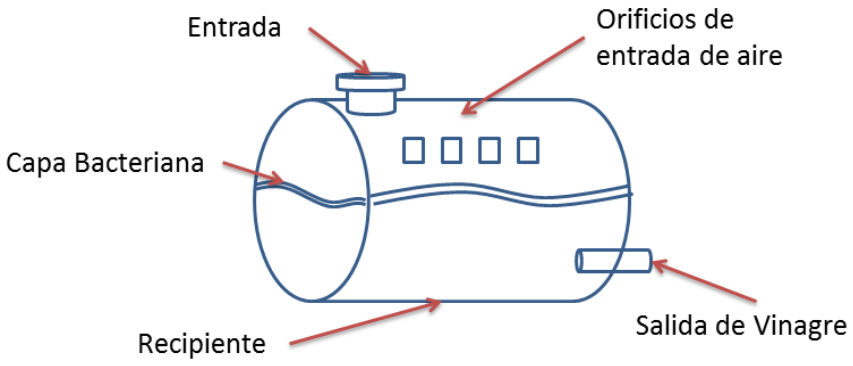


Figura 6 Diagrama esquemático de la acetificación por el método Orleans.[10]

[10] Adaptado de Guizani, N., & Mothershaw, A. (2006). *Vinegar*. en *Handbook of food science, technology, and engineering. Volume* 2. Figura 63.3

Clarificación del vinagre: El vinagre obtenido se filtró dos veces con tierras diatomeas y papel filtro cualitativo (retención de 3.5 μm). El vinagre clarificado se envasó en recipientes de vidrio y se someten de nuevo a un tratamiento térmico (63°C por 30 min) para garantizar inocuidad.

2.3 Evaluación de las condiciones de operación.

Para evaluar las condiciones de operación se realizó la determinación de la acidez total, el pH, el extracto seco y el contenido de alcohol etílico, de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana 2188 (ICONTEC, 2012). Se realizó adicionalmente un análisis microbiológico para garantizar que el producto obtenido es apto para el consumo humano. Este análisis consistió en un recuento de microorganismos viables aeróbicos mesófilos llevado a cabo de acuerdo a la norma ISO 4833-1 (ISO, 2013) y un recuento de coliformes totales, de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana 3953 (ICONTEC, 1996), como indicadores de calidad sanitaria en cada una de las muestras de vinagre. A partir de los resultados de estas pruebas se realizó una evaluación de propiedades fisicoquímicas y organolépticas y se efectuó un reajuste del proceso de producción para cumplir con los parámetros establecidos.

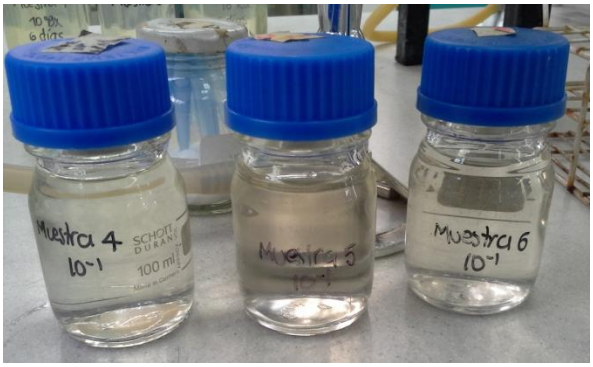


Ilustración 2 Diluciones para determinación de mesófilos aerobios y coliformes totales.

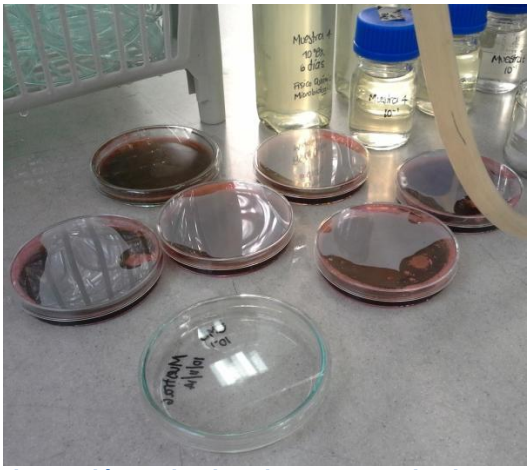


Ilustración 3 Siembra de muestras de vinagre en medios EMB y SPC.

Posteriormente se elaboró de nuevo el producto con los siguientes cambios:

2.3.1 Fermentación alcohólica.

La fermentación se llevó a cabo en una configuración simple tipo *Batch* a una temperatura constante de 22°C para todas las muestras. Se aplicó de nuevo una experimentación factorial 3X2 con las concentraciones de azúcar usadas anteriormente (10, 14 y 18°Bx) y aumentando los tiempos de fermentación (8 y 16 días). Al finalizar la fermentación alcohólica, se efectuó una clarificación adicional del mosto alcohólico adicionando una solución de gelatina neutra (7g por litro de agua) a temperatura ambiente antes de filtrarlo.

2.3.2 Fermentación acética.

Microorganismo: Para la fermentación acética se utiliza una cepa ATCC® 15973™ de *Acetobacter aceti* del fabricante MICROBIOLOGICS (Annar Diagnóstica Import, 2014; Microbiologics Inc., 2010).

Incubación: La cepa se siembra en Agar Chocolate (CBA por sus siglas en ingles) y se incubó a 25°C en una atmósfera de CO_2 por cuatro días (Microbiologics Inc., 2014). El Agar Chocolate presentaba la siguiente composición: infusión músculo corazón, 2.0 gr; caseína digerida con enzimas pancreáticas, 13.0 gr; extracto de levadura, 5.0 gr; cloruro de sodio (NaCl), 5.0 gr; agar base sangre, 15.0 gr (Microgen Ltda., 2014). La bacteria se sembró directamente en el mosto alcohólico corregido.

Ilustración 4 Bacteria ATCC *Acetobacter aceti* liofilizada.

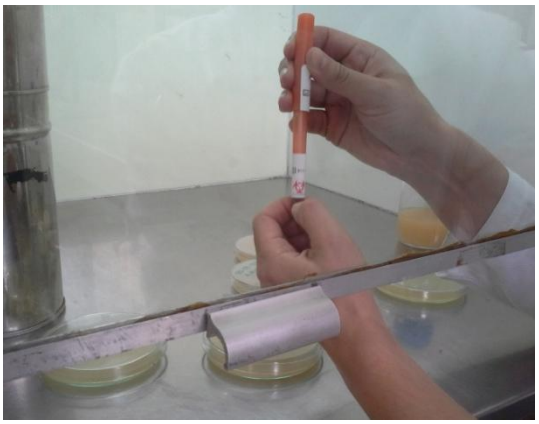


Ilustración 5 Activación de la bacteria *Acetobacter Aceti*.

Ilustración 6 Preparación de la incubación de la bacteria.

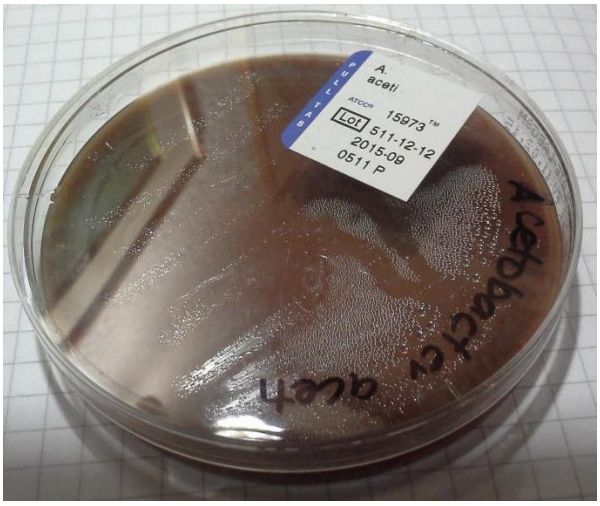


Ilustración 7 Bacteria *Acetobacter aceti* activada.

Fermentación acética: Se utilizó para la fermentación una configuración tipo *Batch* con una agitación discontinua dos veces al día para garantizar oxigenación y mantener un cultivo sumergido. La fermentación se llevó a cabo a temperatura ambiente, aproximadamente a 18°C, durante 30 días.

Clarificación del vinagre: El vinagre obtenido se filtró dos veces con papel filtro cualitativo (retención de 3.5 μm) y se sometió de nuevo a un tratamiento térmico (63°C por 30 min) para detener la fermentación.

Ilustración 8 Clarificación muestras de vinagre.

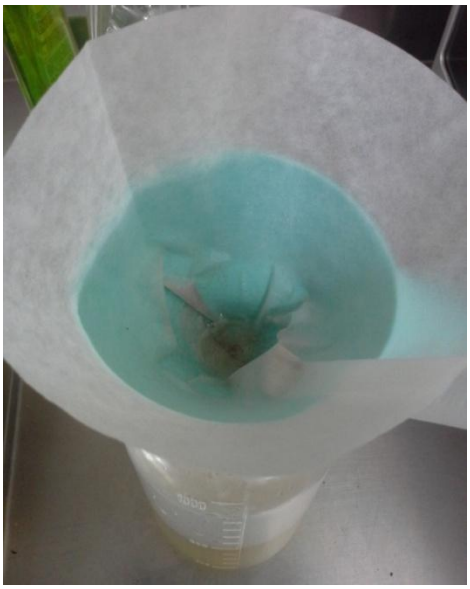


Ilustración 9 Clarificación muestras de vinagre (acercamiento).

2.3.3 Maduración.

El vinagre fresco y pasteurizado se introdujo en barriles de roble blanco colombiano variedad *Quercus humboldtii* con un quemado superficial de dos milímetros (tostado), en la parte interna de las duelas (Barriles y Toneles de Colombia, 2015). Los barriles fueron almacenados en ambientes oscuros a temperatura ambiente por un mes. Al final de la maduración se realizó una nueva filtración para retirar los residuos sólidos de la madera. El vinagre clarificado se envasó en recipientes de vidrio y se sometieron a un tratamiento térmico (pasteurización) para garantizar inocuidad.

Ilustración 10 Barril de roble blanco colombiano. Capacidad 1.5 L.

2.3.4 Caracterización producto final.

Se realizó la determinación de la acidez total y la acidez volátil, el pH, el extracto seco, el contenido de cenizas y el contenido de alcohol etílico, de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana 2188 (ICONTEC, 2012). Como indicador de buenas prácticas de manufactura, se realizó una determinación de contenido de plomo. El contenido de plomo se efectuó por medio de una espectroscopía de absorción atómica (AAS por sus siglas en inglés) por llama, con un espectrómetro Thermo Scientific™ iCE™ de la serie 3000, usando una mezcla Aire/C_2H_2, a una longitud de onda de 216.9, con un flujo de gas de 1.1 L/min.

2.4 Evaluación sensorial del producto.

Se realizó una evaluación sensorial por medio de tres pruebas de comparación por pares en seis muestras de vinagre en los atributos de calidad de sabor y apariencia y una prueba de ordenación en tres muestras de vinagre previa selección de prueba pareada de acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas Colombianas 3501, 2680 y 3930

Primera Actualización y la Guía Técnica Colombiana 165. El análisis fue llevado a cabo por los jueces del Laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos de la Universidad de Antioquia, el cual opera bajo la norma ISO/IEC 17025.

2.4.1 Prueba de comparación por pares.

Se utilizó un panel entrenado compuesto por siete jueces entre 25 y 55 años de ambos géneros, bajo luz blanca, a una temperatura promedio de 24.55°C y una humedad relativa de 53%. En el análisis, cada juez o evaluador recibió un grupo de dos muestras e indica cual considera de mejor calidad. Se contó el número de veces que fue seleccionada cada muestra y se determina su significancia por medio de una prueba de una cola (unilateral) (ICONTEC, 2013).

2.4.2 Prueba de ordenación.

Se realizó esta prueba con el mismo panel entrenado del numeral 2.4.1 bajo las mismas condiciones de luz, temperatura y humedad relativa. Para este análisis, cada juez o evaluador recibió simultáneamente tres muestras de vinagre en orden aleatorio y ordenó las muestras de acuerdo a un orden específico. Las calificaciones otorgadas recibieron un tratamiento denominado suma de rangos y se les aplicó la prueba Friedman (ICONTEC, 2009).

3. Presentación y discusión de resultados.

3.1 Metodología QFD: Casa de la calidad.

3.1.1 Requerimientos del usuario y matriz de planeación.

El primer paso en la metodología QFD es la identificación de los requerimientos del producto a diseñar. Los elementos usados para medir estos requerimientos y la percepción que existe sobre estos atributos se obtuvieron de la encuesta realizada. Las prioridades del cliente entre los requerimientos identificados son descritas en la Tabla 7. Para construir la matriz de planeación es necesario medir la percepción del usuario sobre el desempeño que debería tener el producto final y su desempeño frente a los productos pertenecientes a la competencia, como en este caso se trata de diseñar un producto nuevo y no se puede medir esta percepción, no se tomó en cuenta en la construcción de la casa de la calidad.

Tabla 7 Atributos identificados como requerimientos de usuario.

Atributo	Requerimiento
Color	3,6
Aroma	4,5
Sabor	2,5
Dulzura	3,1
Turbiedad	3,9
Sensación residual	4,1
Acidez	4,6
Propiedades Nutricionales	1,0
Frescura	3,3
Método de Elaboración	2,9

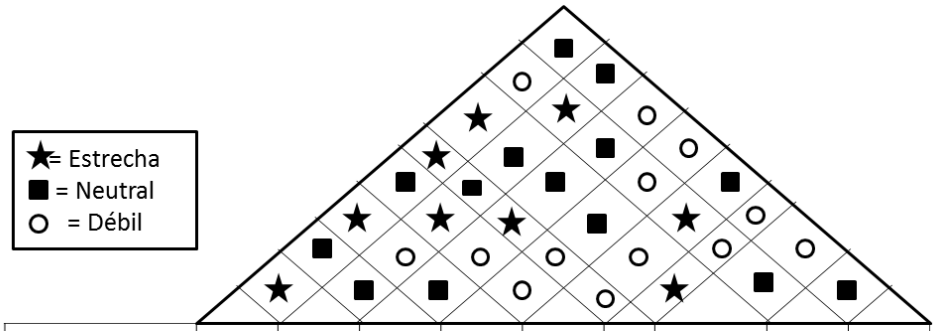
No todos los requerimientos identificados presentan puntajes promedio por encima de tres, esto indica que existen algunos atributos más importantes que otros en el vinagre. Los atributos más significativos en este caso son la acidez (4.6) y el aroma (4.5). Esto indica que, en función de producir un vinagre gourmet, se debe obtener un producto con un contenido adecuado de ácido acético y un perfil sensorial, representado por los descriptores de aroma y sabor, satisfactorio.

Otros atributos mencionados a tener en cuenta en el producto son: orgánico, artesanal y sin conservantes.

3.1.2 Características técnicas y matriz de correlación.

El segundo paso en la construcción de la "casa de la calidad" es el desarrollo de las características técnicas del producto y la definición de la correlación que existe entre cada una de estas características. Se identificaron las etapas del proceso de elaboración de vinagre que tienen la mayor incidencia en el desarrollo de características fisicoquímicas, como en el caso de la acidez y la turbiedad, y características sensoriales, como el color, el aroma y el sabor. Con estas etapas de proceso, se definieron nueve características técnicas claves en el proceso de producción de un vinagre.

Una vez se tuvieron las características técnicas, se desarrolló la matriz de correlaciones para determinar las relaciones existentes entre los diferentes parámetros encontrados así como el impacto que tiene una característica sobre otra. La relación que existe entre las características técnicas se representa con ★ para una relación estrecha, con ■ para una relación neutral y **O** para una relación débil. La matriz resultante tiene una forma triangular y es lo que se conoce como el techo de la "casa de la calidad". Las características técnicas identificadas y la matriz de correlación se muestran en la Figura7.



Rango	1	2	6	4	3	8	5	7	9
Características técnicas	Tiempo fermentación alcohólica	Tiempo fermentación acética	Clarificación	Maduración	Aireación en fermentación acética	Levadura	Concentración inicial carbohidratos en mosto	Bacterias acéticas	Agitación

Figura 7 Matriz de correlación para características técnicas de vinagre de uchuva.

Se encontró que la mayoría de características está relacionada con el tiempo de fermentación alcohólica lo que indica que esta especificación técnica es clave en la producción de vinagre y es la primera característica que se debe cambiar en caso de que exista alguna inconformidad con el producto final.

De acuerdo con la matriz obtenida, el rango de cada característica técnica se determinó por la suma de puntajes, 3 puntos para estrecho, 2 puntos para neutral y 1 punto para débil.

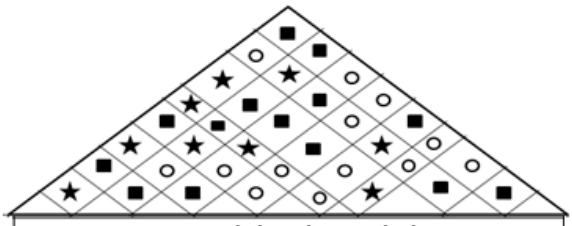
3.1.3 Matriz de relación y matriz técnica.

El tercer paso es establecer las relaciones existentes entre los requerimientos del cliente o usuario y las características técnicas definidas. Estas relaciones se calificaron en una escala de 0 a 3 donde 3 indica una relación estrecha y 0 representa una relación nula. La Figura 8 muestra la matriz de relación.

El último paso fue establecer la importancia absoluta y la importancia relativa de cada característica técnica. El valor de importancia absoluta se calculó a partir del producto del

valor del requerimiento del cliente por la relación numérica entre los requerimientos y las características. El valor de la importancia relativa se encontró a partir de los valores de la importancia absoluta. La Figura 8 muestra la Casa de la Calidad para el vinagre de uchuva.

Se encontró que las características técnicas más relevantes para conseguir los descriptores de calidad propuestos en este producto son el tiempo de fermentación alcohólica, el tiempo de fermentación acética, la maduración y la clarificación del producto, pues son las características que tienen un mayor valor de importancia. Estos son los puntos críticos en el desarrollo del vinagre de uchuva, por tanto son los primeros parámetros a cambiar en el caso de un rediseño de producto.



Requerimientos del Usuario		Características de Ingeniería								
		Tiempo fermentación alcohólica	Tiempo fermentación acética	Clarificación	Maduración	Aireación en fermentación acética	Levadura	Concentración inicial de carboidratos en el mosto	Bacterias acéticas	Agitación
		Cuadro de Conexiones								
Color	3,6			3	3					
Aroma	4,5	3	2		3		1			
Sabor	2,5	2	3		1					
Dulzura	3,1							1		
Turbiedad	3,9						3		1	
Sensación residual	4,1			3	1					
Acidez	4,6	1	3			1				
Propiedades nutricionales	1,0									
Frescura	3,3		2		3					
Método elaboración	2,9				1					
Importancia Absoluta		23	37	23	44	4,6	16	3,1	3,9	0
Importancia Relativa		2	2,5	3	2	1	2	1	1	0
		Cuadro de Propiedades técnicas								

Figura 8 Casa de la calidad para el vinagre de uchuva.

3.2 Elaboración del vinagre.

Ya identificados los puntos clave en el desarrollo del vinagre, se preparó la materia prima a usar de forma que ayude en el desarrollo de características sensoriales agradables. Primero se realizó un escaldado, para inactivar enzimas que puedan degradar el color de la fruta y para facilitar la extracción de la pulpa. Posteriormente se retiraron cáscaras y semillas de la fruta, esto con el fin de ayudar a reducir la concentración de taninos (que aun cuando contribuyen al color del producto final y en la conservación de la identidad de la fruta, desarrollan sabores astringentes que no son tan deseados en el vinagre a obtener) y pectinas (responsables del cuerpo o viscosidad de la pulpa).

Se buscaron en la literatura la temperatura, tiempo de fermentación y concentración de sólidos inicial recomendados para iniciar la elaboración del vinagre (Solieri & Giudici, 2009; Emde, 2014; Ubeda, Callejón, Hidalgo, Torija, Troncoso, & Morales, 2013; Kampen, 1997). Para un vinagre de frutas se utilizan concentraciones de sólidos totales entre 6 y 25°Bx dependiendo del nivel final de acidez deseado (una concentración inicial alta busca obtener un vinagre concentrado y de alta acidez, una concentración inicial baja, por el contrario, busca un vinagre suave y de baja acidez). Como la pulpa inicial de uchuva tiene una concentración inicial de aproximadamente 13°Bx (un contenido de sólidos alto y comparable con otras materias primas comunes como la manzana y la cereza), es adecuada para ajustar varias concentraciones iniciales dentro del intervalo recomendado y así encontrar la más adecuada para este tipo de producto. En cuanto al tiempo de fermentación alcohólica, debe ser suficiente para desarrollar un buen contenido de alcohol y volátiles que contribuyan al aroma del vinagre, sin embargo, se debe conservar la identidad de la fruta y evitar la inactivación de las levaduras por concentración de etanol. Para las concentraciones escogidas (10, 14 y 18 °Bx) se definió un tiempo de fermentación de 3 y 6 días, de acuerdo al diseño factorial planteado inicialmente.

Se detuvo la fermentación con un tratamiento térmico y se dejó decantar los restos de pulpa y levadura. Posteriormente se clarificó el mosto usando tierras diatomeas y papel cualitativo. Resultan mostos de color amarillo pálido, con una turbiedad baja y de olor fuerte a uchuva y a fermento.

Las características del mosto alcohólico resultante se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8 Características del mosto alcohólico obtenido en el primer lote.

Muestra	Tiempo fermentación (días)	Concentración sólidos inicial (°Bx)	Concentración sólidos final (°Bx)*	pH*	% Alcohol
1	3	10	6,5±0.2	4,3±0.2	3,2
2	3	14	8,2±0.2	4,2±0.2	5,8
3	3	18	9,5±0.2	4,0±0.2	4,2
4	6	10	4,4±0.2	4,0±0.2	10,1
5	6	14	5,8±0.2	3,9±0.2	11,5
6	6	18	6,0±0.2	4,0±0.2	12,7

*Incertidumbres procedentes de los instrumentos de medición.

El contenido alcohólico de las muestras 1, 2 y 3 fue considerablemente más bajo que el contenido de las muestras 4, 5 y 6. Es preferible en el caso de un vinagre un tiempo de fermentación mayor para tener una concentración de alcohol que garantice una acidez de por lo menos el 5% en contenido de ácido acético. Por esta razón no se continuó la fermentación en las muestras 1, 2 y 3.

Los mostos con una concentración de alcohol mayor a 8% se diluyeron para no inhibir la acción de las bacterias acéticas. El mosto alcohólico corregido se puso en contacto con el ambiente para suministrar las bacterias necesarias para una fermentación espontánea y garantizar la aireación del mosto. Los orificios abiertos al ambiente de los fermentadores se sellan con algodón para garantizar un continuo suministro de oxígeno pero evitando la contaminación con otros microorganismos presentes en el ambiente. Se realizó una revisión en la literatura para determinar el tiempo de fermentación acética requerido para lograr un vinagre de por lo menos un 5% en contenido de ácido acético total. Se determinó usar un tiempo de 30 días de fermentación acética. La formación de nata o madre de vinagre en las primeras semanas es indicio de que se está llevando a cabo la fermentación.

Al finalizar el tiempo de fermentación se obtuvieron vinagres con un olor característico diferente al olor del vinagre blanco, del vinagre de arroz y el vinagre de frutas. Las tres muestras fueron filtradas y envasadas para su posterior examen fisicoquímico.

Ilustración 11 Muestras de vinagre obtenido en el primero lote.

Las características fisicoquímicas promedio de los vinagres obtenidos se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9 Características del vinagre obtenido en el primero lote.

Muestra	Acidez (g/100 cm³)	pH	Sólidos solubles totales (%)	% de Alcohol
4	2.13±0.02	3,2±0.2	0.34±0.001	0.82±0.06
5	2.18±0.02	3,3±0.2	0.17±0.001	0.60±0.03
6	2.66±0.02	3,2±0.2	0.11±0.001	0.66±0.06

Posteriormente se realizó un conteo de mesófilos aerobios y número más probable de coliformes totales. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 10 y la Tabla 11.

Tabla 10 Número más probable de coliformes totales para las muestras de vinagre.

Muestra	Diluciones			Coliformes Totales (UFC/gr)	Observaciones
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}		
4	0	0	0	< 10	Presencia de hongos blancos en la dilución 10^{-1}. Se atribuye a contaminación del ambiente.
5	0	0	0	< 10	
6	0	0	0	< 10	Presencia de hongos blancos en la dilución 10^{-3}. Se atribuye a contaminación del ambiente.

Tabla 11 Recuento de mesófilos aerobios para las muestras de vinagre.

Muestra	Diluciones			Mesófilos Aerobios (UFC/gr)	Observaciones
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}		
4	0	1	0	<10	El resultado se considera <10 UFC/gr porque en la tercera dilución no se encontró ninguna colonia.
5	0	3	0	< 10	El resultado se considera <10 UFC/gr porque en la tercera dilución no se encontró ninguna colonia.
6	0	0	0	< 10	

Estos resultados compruebas que se ha producido el producto en condiciones sanitarias adecuadas, que es apto para el consumo humano (ICONTEC, 2005) y se cumplió con las buenas prácticas de manufactura (República de Colombia, 1997).

3.3 Evaluación de las condiciones de operación.

El vinagre obtenido fue de un color amarillo pálido, de baja acidez y un alto contenido de alcohol residual. Fue necesario entonces modificar las condiciones de operación para obtener una mayor cantidad de alcohol en el mosto alcohólico y aumentar la eficiencia de la fermentación acética y así aumentar el grado de acidez. Adicionalmente el proceso de clarificación se debió reformar para que el vinagre conserve el color original de la fruta sin volverse turbio.

3.3.1 Fermentación alcohólica.

De acuerdo a lo encontrado en la construcción de la casa de la calidad, la primera modificación se realizó en el tiempo de fermentación alcohólica. Se plantearon nuevos tiempos de fermentación que cumplieran con la cantidad de alcohol requerida y la formación de compuestos aromáticos sin causar la inactivación de las levaduras por concentración de etanol, se definen como nuevos tiempo de fermentación 8 y 16 días. Se utilizaron las mismas concentraciones iniciales de sólidos totales.

Para mejorar el color final del vinagre, la clarificación del mosto alcohólico se modificó para no utilizar tierras diatomeas, que pueden retener tanto levaduras como algunos componentes que contribuyen al color del vinagre. Para retirar la levadura inactiva al final de la fermentación se trasegó el mosto a un nuevo recipiente y se introdujo una suspensión de gelatina neutra que, durante las siguientes horas, ayudó a flocular los sedimentos y levaduras y los precipitó al fondo del recipiente contenedor. A continuación se filtró el mosto alcohólico con papel cualitativo.

Las características del nuevo mosto alcohólico se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12 Características del mosto alcohólico obtenido en el segundo lote.

Muestra	Tiempo fermentación (días)	Concentración sólidos inicial (°Bx)	Concentración sólidos final (°Bx)*	pH*	% Alcohol
1.1	8	10	4,0±0.2	4,2±0.2	10,7
2.1	8	14	4,9±0.2	3,9±0.2	11,0
3.1	8	18	5,8±0.2	3,8±0.2	11,8
4.1	16	10	4,4±0.2	4,5±0.2	12,3
5.1	16	14	4,6±0.2	4,2±0.2	15,1
6.1	16	18	5,3±0.2	3,9±0.2	13,9

*Incertidumbres procedentes de los instrumentos de medición.

Las características del mosto alcohólico obtenido con las condiciones de operación modificadas son adecuadas en términos de contenido alcohólico y pH para la fermentación acética. A continuación se diluyeron los mostos para no inhibir la acción de las bacterias acéticas.

3.3.2 Fermentación acética.

Con la fermentación acética espontánea no se obtienen las características deseadas de acidez o extracto seco, para mejorar la eficiencia de la trasformación del alcohol se plantea la utilización de una cepa purificada de *Acetobacter* que mitigue los efectos de la competición por nutrientes con otras cepas presentes en el ambiente. Se utilizó la cepa ATCC® 15973™ de *Acetobacter aceti*, conocida por su acción en la fabricación de vinagres de frutas comerciales (Solieri & Giudici, 2009).

La bacteria se activó y posteriormente se sembró en los mostos alcohólicos corregidos. Se utilizó la misma configuración tipo *Batch* usada en el primer lote con diferencia en que

cada 12 horas se agitó vigorosamente el cultivo para garantizar un buen suministro de oxígeno y un cultivo sumergido (evitar la formación de madre de vinagre) para aumentar la eficiencia en la acetificación. La temperatura y el tiempo de la fermentación acética se mantuvieron iguales con respecto al primer lote.

Al finalizar el tiempo de fermentación se obtuvieron vinagres con un olor característico ya encontrado anteriormente en las muestras de vinagre del primer lote así como aromas que recuerdan la identidad de la uchuva. El color de las muestras de vinagre obtenido fue un tono más fuerte a comparación del obtenido en el primer lote, sin embargo, se buscó mejorar esta característica con un proceso de maduración.

3.3.3 Maduración en barriles de madera.

El vinagre usualmente se madura en tanques de acero inoxidable o en barriles de diferentes tipos de madera dependiendo de las características finales deseadas (Solieri & Giudici, 2009). La maduración en tanques de acero inoxidable usa la temperatura controlada para afirmar algunas notas de sabor y mejorar características sensoriales mientras que los barriles de madera aportan una serie de componentes propios que contribuyen tanto al color como al aroma y el cuerpo del vinagre. Se eligió para la maduración barriles de roble blanco con quemado superficial, pues esta madera aporta componentes no volátiles, como taninos y azúcares, y es permeable al oxígeno, por ende contribuye a la concentración del vinagre. Se maduró el vinagre en estos barriles por 30 días en un ambiente oscuro de humedad y temperatura no controladas.

Al final de la maduración se obtuvo un vinagre de olor penetrante pero sin perder la identidad inicial, con un color más oscuro (amarillo ámbar) y considerablemente más atractivo al ojo que el vinagre obtenido en el primer lote. Las muestras se filtraron y envasaron para su posterior examen fisicoquímico y sensorial.

Ilustración 12 Comparación color vinagre obtenido en el segundo lote (derecha) contra vinagre obtenido en el primer lote (izquierda).

Las características fisicoquímicas promedio de los vinagres madurados se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13 Características del vinagre madurado obtenido en el segundo lote.

Muestra	Acidez Total (gr/100 cm^3)	pH	Cenizas totales (%w/v)	Contenido de alcohol (%w/v)	Extracto seco (g/L)
1.1	3.6±0.01	3.3±0.2	0,07±0.001	-0.36±0.05	1.4±0.8
2.1	4.4±0.01	3.1±0.2	0,07±0.001	0.00±0.05	7.88±0.5
3.1	5.7±0.02	2.9±0.2	0,06±0.001	0.18±0.06	4.27±0.5
4.1	4.7±0.01	3.0±0.2	0,07±0.001	0.28±0.05	2.72±0.7
5.1	5.7±0.02	2.7±0.2	0,05±0.001	0.12±0.05	7.17±0.6
6.1	5.2±0.02	2.8±0.2	0,05±0.001	0.07±0.05	6.09±0.5

El porcentaje de cenizas totales indica la presencia de microelementos en las muestras de vinagre. Para comprobar la no presencia de metales pesados contaminantes, se determinó la cantidad de plomo presente en cada muestra. Todas las muestras se encuentran por debajo del límite de detección de plomo por lo que el contenido final es <1 mg/L de plomo y por debajo del límite establecido por la NTC 2188 (ICONTEC, 2012). Los resultados se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14 Análisis contenido de plomo de los vinagres madurados producidos en el segundo lote.

Muestra	Señal (Abs.)	Rds (%)	Concentración (mg/L)	Concentración corregida (mg/L)
1	0,000	>99	-0,0009 C	-0,0054 C
2	-0,001	>99	-0,0766 C	-0,0812 C
3	-0,001	58,7	-0,1210 C	-0,1255 C
4	-0,001	14,3	-0,1036 C	-0,1082 C
5	-0,001	>99	-0,0598 C	-0,0610 C
6	-0,001	7,4	-0,1225 C	-0,1271 C
Blanco	0,000	>99	0,0000 C	0,0000 C

No se consideró la presencia de otros contaminantes por la aplicación de buenas prácticas de manufactura así como la decisión de no agregar ninguna clase de aditivo ni conservantes al producto final (Smith & Hong-Shum, 2011).

3.4 Evaluación sensorial del producto final.

Las muestras a evaluar se codificaron como se muestra en la Tabla 15. Los códigos de las muestras en la columna de descripción de las muestras corresponden a la codificación de las muestras en la Tabla 12.

Tabla 15 Codificación muestras de vinagre para Pruebas de Pareamiento y Pruebas de Ordenación.

Descripción de las Muestras	Código Prueba Pareada		Código Prueba Ordenación
M1	587	818	
M2	951	754	
M4	100	167	477
M6	428	778	513
M3	567	273	
M5	991	148	286

Se realizó una ficha técnica de cada muestra de vinagre en la que se describe la frecuencia de aparición de descriptores de sabor y olor identificados en las muestras. Los descriptores resaltados en color rojo son los que representan una mayor frecuencia de

aparición. Las fichas técnicas para cada muestra de vinagre se resumen en las Tablas 16 y 17.

Tabla 16 Descriptores de olor y su respectiva frecuencia para cada muestra de vinagre.

Descriptor Olor	Muestra Vinagre					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Ácido	7	6	6	5	7	5
Dulce	5	2	1	3	3	5
Cacao Tostado	1				1	
Frutal	4	3	4	4	1	4
Picante	1			1		1
Vegetal	1			1		
Guardado	2					
Algarrobo	1		1	2	1	
Combustible	1					
Salino	2	2	4	1	2	1
Químico	1					
Miel		1		1	1	1
Pies sudados		2			1	
Aromático		1				2
Apanelado		1		1		
Fermentado		3	1	3	2	2
Amargo		1	1	1		
Lácteo		1				
Humo		1				
Grasa		1				
Rancio		1	1			
Deterioro		1				
Olor Penetrante		1				
Floral			1	3		2
Limpio			1			
Avinado				1	3	5
Ac. Balsámico				1		
Vinagre				1		
Alcohólico				1	1	1
Corcho				1		
Madera				1		
Herbal						1

Tabla 17 Descriptores de olor y su respectiva frecuencia para cada muestra de vinagre.

Descriptor de Sabor	Muestra de Vinagre					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Dulce	5	4	2	5	5	5
Frutal	3	4	4	5	6	8
Ácido	7	7	7	6	6	5
Floral	1	1	1	3		1
Amargo	2	1	1			2
Químico	1					
Salino	4	3	5	3	3	3
Vinagre balsámico	1		1	1		
Pescado	1		1			
SS. Picante	3	3	4		3	3
SS. Astringente	1	2	2		3	1
Acético		1				
Humo		1				
Fermento		2	1	1	2	2
Moho		1				
Apanelado		1		1		
Especiado		1				
Verde			1	1	1	
Avinado			1	1	3	2
Alcohólico			1	1	1	2
Pies sudados			1			
Miel				1		
Algarrobo				1		
Vegetal				1		
Picante				1		
Cáscara				1		
Manzana Verde				1	1	
Cacao					1	
Vinagre					1	
Herbal						1
Panela						1

3.4.1 Prueba de comparación por pares.

La hipótesis para la prueba pareada fue la siguiente:

H_0 = No existe una diferencia significativa entre las muestras en un atributo.

H_i = Existe una diferencia significativa entre las muestras en un atributo.

Tabla 18 Datos prueba de comparación pareada para atributo calidad.

	Código	Juez														Aciertos
		J1	J3	J4	J6	J8	J9	J25	J1	J3	J4	J6	J8	J9	J25	
Entrega 1 (587-951)	587-818	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	6
Entrega 2 (754-818)	951-754	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	8
Entrega 3 (100-428)	100-167	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	6
Entrega 4 (788-167)	428-778	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	8
Entrega 5 (567-991)	567-273	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	4
Entrega 6 (148-273)	991-148	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	10

Tabla 19 Resultado prueba de comparación pareada para atributo calidad.[11]

Grupo	Número de Juicios	Número Mayor	Valor Tabulado	Diferencia
M1-M2	14	8	11	NO
M4-M6	14	8	11	NO
M3-M5	14	10	11	NO

La hipótesis para la prueba de ordenación fue la siguiente:

H_0 = No existe una diferencia significativa entre las muestras $p \leq 0.05$ entre las sumas de rangos de las muestras en un atributo.

H_i = Existe una diferencia significativa entre las muestras $p \leq 0.05$ entre las sumas de rangos de las muestras en un atributo.

[11] Valor Tabulado: Valor descrito en NTC 2680 primera actualización.
Riesgo alfa (α):0.05

Tabla 20 Suma de rangos para ordenación atributo calidad.

Atributo	Ordenación en Calidad		
Juez / Código	286 – M5	477 - M4	513 – M6
J1	2	1	3
J3	2	3	1
J4	3	2	1
J6	2	1	3
J8	3	2	1
J9	3	1	2
J25	1	3	2
Total	R_1=16	R_2=13	R_3=13
Convención	A	B	C

Para poder comprobar la hipótesis se realizó la prueba de Friedman. El valor de Friedman se calculó por medio de la ecuación 4.

$$F_{test} = \frac{12}{j} p(p+1)[R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2 + R_5^2] - 3j(p+1) \quad (4)$$

Donde

j= 7 jueces

R_1=Suma de los rangos

p= Número de muestras (3)

F_{test}= 0.85

$F_{valor\ tabulado}$= 7.143

α=0.05

Al comparar los valores de F_{test} y F, de acuerdo a la norma NTC 3930, se encontró que $F_{test} < F$ y por lo tanto se concluyó que NO existen diferencias consistentes entre los órdenes de rangos de acuerdo con un criterio específico, por lo anterior no es necesario calcular la diferencia mínima significativa (DMS). Al realizar la prueba de comparación por pares en calidad de las muestras de vinagres, no se encontraron diferencias significativas $p<0.05$ entre las muestras evaluadas. Por lo anterior se realizó un ordenamiento de mayor a menor intensidad con todas las muestras en atributo calidad en olor y sabor.

Como no se encontraron diferencias significativas entre las muestras M4, M5 y M6 en el atributo calidad, se volvió a plantear la prueba de ordenamiento con todas las muestras de vinagre en función de encontrar diferencias en calidad entre las muestras y comprobar si existe una diferencia sensorial con el cambio de condiciones de operación en la elaboración del vinagre.

3.4.2 Prueba de ordenamiento.

Con la misma hipótesis planteada anteriormente se realizó de nuevo la prueba de ordenación con todas las muestras de vinagre.

Tabla 21 Suma de rangos de ordenación para atributo calidad 6 muestras de vinagre.

Atributo	Ordenación en Calidad						Suma
Juez / Código	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
J1	1	2	5	6	3	4	21
J3	1	4	2	6	3	5	21
J4	1	5	2	6	3	4	21
J6	2	3	6	4	5	1	21
J8	2	4	3	6	1	5	21
J9	3	1	2	4	6	5	21
J25	1	2	3	6	5	4	21
Suma Rangos	10	19	18	32	23	24	21
Convención	A	B	C	D	E	F	

Se aplicó de nuevo la prueba de Friedman. Se calcula de nuevo el valor Friedman con la ecuación 4 cambiando los siguientes parámetros: j= 7 jueces; R_1=Suma de los rangos; p= Número de muestras (6); F_{test}= -28.11; $F_{valor\ tabulado}$= 10,62; α=0.05

Al comparar los valores de F_{test} y F, de acuerdo a la norma NTC 3930, se encuentra que $F_{test} > F$ y por lo tanto se concluyó que existen diferencias consistentes entre los órdenes de rangos de acuerdo con un criterio específico. Para determinar qué productos son significativamente diferentes se calcula la diferencia mínima significativa (DMS) con la ecuación 5.

$$DMS = z\sqrt{j.p(p+1)/6} \qquad (5)$$

Donde

α= 0.05

z=1.96

j=7 jueces

p= Número de muestras (6)

Se obtuvo un valor de DMS de 14. Este valor se comparó con el valor absoluto de la diferencia observada entre las sumas de rangos de dos muestras. Si este valor absoluto fue igual o mayor a la DMS entonces se concluye que los rangos son significativamente diferentes.

Tabla 22 Diferencias entre las sumas de rangos en atributo calidad.

Muestras	Diferencia	|Resultado|	Diferencia Significativa
A-B	10-19	9	NO
A-C	10-18	8	NO
A-D	10-32	22	SI
A-E	10-23	13	NO
A-F	10-24	14	SI
B-C	19-18	1	NO
B-D	19-32	13	NO
B-E	19-23	4	NO
B-F	19-24	5	NO
C-D	18-32	14	SI
C-E	18-23	5	NO
C-F	18-24	6	NO
D-E	32-23	9	NO
D-F	32-24	8	NO
E-F	23-24	1	NO

Con lo anterior se determinó que si existe una diferencia significativa entre las muestras A-B, A-F, C-D, es decir, en el atributo calidad, las muestras M6 y M4 son diferentes en calidad de sabor y olor de las muestras M1 y M3.

Los resultados de la prueba sensorial indican que las muestras M6 y M4 son sensorialmente satisfactorias y son significativamente diferentes de las demás muestras de vinagre en calidad de olor y sabor. Entre estas dos muestras de vinagre se manejó el mismo tiempo de fermentación alcohólica y acética, así como los mismos procesos de clarificación y maduración, razón por la cual no existe una diferencia significativa en el costo de producción entre estas muestras. La única diferencia significativa entre la muestra M4 y M6 fue el contenido de sólidos solubles totales (SST) inicial en el mosto.

Entonces, sensorialmente hablando, la concentración de sólidos solubles totales iniciales es el punto crítico en la elaboración del vinagre, característica con una importancia relativamente baja según lo establecido inicialmente con la metodología QFD. Sin embargo, la obtención de un vinagre con un perfil sensorial agradable y acorde a los atributos identificados inicialmente para el desarrollo del producto, valida la utilización de este método para el diseño de un producto gourmet.

Entre la muestra M6 y M4, las características fisicoquímicas que mejor se adaptan a lo exigido en la normatividad colombiana las tiene el vinagre M6, pues tiene el contenido de ácido más adecuado. Esto indica que las condiciones de elaboración de esta muestra son las adecuadas para llegar a un vinagre gourmet con la uchuva (*Physalis peruviana* L.) como materia prima. El perfil sensorial identificado para el vinagre M6 lo hace adecuado para su uso en vinagretas y salsas, debido a sus sabores dulces y afrutados así como las notas herbales y florales que contribuyen a una experiencia sensorial satisfactoria y tienen el potencial de crear un efecto agridulce. Es un producto ideal para suavizar y marinar cortes de carne roja poco tiernos y dar un sabor fresco a productos enlatados. Sin embargo, no es recomendable usarlo para acompañar carnes maduradas muy saladas pues también tiene un sabor salino marcado que saturaría el paladar. Tiene un potencial uso como acompañante de frutas frescas, pues resalta sus sabores naturales y previene su oxidación. Asimismo, tiene el contenido de ácido adecuado para su uso en conservas, brindando la posibilidad de cambiar o exaltar el sabor de productos de baja calidad (Lansky, 2003).

4. Conclusiones y recomendaciones

A partir de la construcción de la “Casa de la Calidad”, primera etapa de la metodología QFD para diseño de productos, se determinan los puntos críticos de diseño para un elaborar un vinagre a partir de uchuva (*Physalis peruviana* L.) que tenga unas características fisicoquímicas y organolépticas adecuadas para su uso en alta cocina. La obtención de un producto que reúne estas condiciones valida la utilización de este método en el desarrollo de esta clase de productos.

Se desarrolló un producto procesado a partir de la uchuva para uso alimenticio, que explora tanto nuevas formas de procesamiento de esta materia prima, como nuevos nichos de mercado.

Se utilizó una fermentación de dos pasos, alcohólica y acética, a partir de uchuva para obtener un vinagre de alta calidad con un contenido de ácido acético de 5,2% en peso, un contenido de alcohol etílico inferior al 0.5% permitido por la normatividad colombiana y un valor de pH de 2.8. Por su extracto seco se sabe que tiene un alto contenido en no-volátiles que enriquecen el sabor y el cuerpo del producto sin causar turbiedad en el mismo. Contiene un bajo porcentaje de microelementos, por lo que no es un alimento que contenga propiedades nutricionales.

El vinagre obtenido es un líquido de color amarillo ámbar, brillante, ligero, aromático y de un olor característico propio de la uchuva. Presenta notas de olor a miel, notas florales, herbales y frutales. De sabor suave, aunque fuerte en acidez, con notas dulces, avinadas y salinas. Estas propiedades hacen del vinagre obtenido un producto ideal para consumo con ensaladas, en vinagretas dulces y frutales, su sabor suave y frutal permite aderezar carnes rojas y pescados perfectamente. Sus notas herbales acompañan sabores como el ajo, el perejil y la albahaca. Esto hace del vinagre de uchuva un producto ideal para el uso en **Cocina Gourmet**.

A. Anexo: Entrevista de identificación de especificaciones de producto.

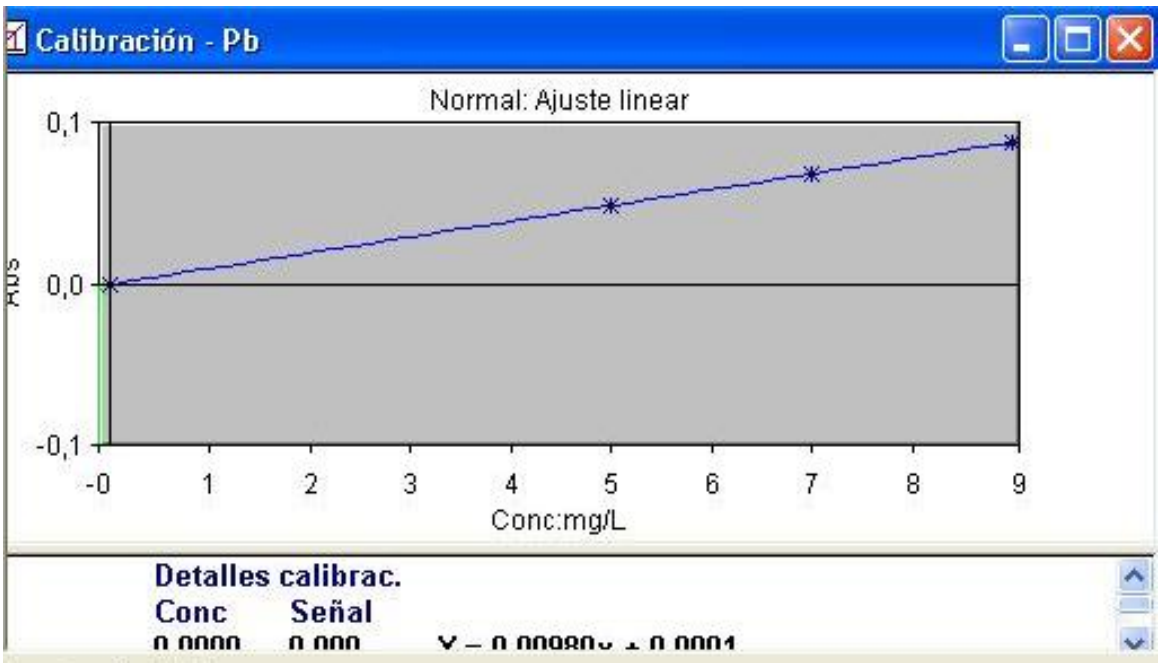
Nombre: _____

Identificación de características para vinagre de uchuva.

a. En su opinión y/o experiencia, ¿qué es un producto gourmet?
b. ¿Le es atractivo como producto gourmet un vinagre de uchuva?
c. ¿Qué atributos o características considera que debe tener un vinagre a partir de fruta, específicamente, un vinagre a partir de uchuva?
d. Enuncie los atributos que considera más relevantes en un vinagre de uchuva y califíquelos de 1 a 5, siendo 1 poco importante y 5 muy importante.

B. Anexo: Curva de calibración para la determinación de contenido de plomo.

Para la determinación del contenido de plomo con un espectrómetro Thermo Scientific™ iCE™ de la serie 3000, se realizó una curva de calibración con soluciones patrón de plomo de 5, 7 y 9 mg/L. La curva resultante se muestra a continuación:



C. Anexo: Ficha técnica del producto.

USO.

Alimentario

PRODUCTO.

Vinagre de Uchuva

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.

Obtenido a partir de fermentación alcohólica y acética de uchuva.

INGREDIENTES.

Vinagre de Uchuva.

APORTE NUTRICIONAL Y CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.

Parámetro	
Acidez (g/100 cm^3)	5.2
pH	2.8
Contenido de alcohol etílico (% w/w)	0.07
Extracto Seco (g/L)	6.09
Cenizas (% w/w)	0.05
Sabor	Característico. Afrutado, dulce y con notas herbales.
Olor	Característico. Aromático, dulce y frutal.
Color (Carta PANTONE)	13-0624 TPX Golden mix
Vida útil	En condiciones adecuadas de almacenamiento, su vida útil es de 6 meses.

*No es una fuente importante de proteínas, vitaminas o microelementos.

D. Anexo: Diagrama de operaciones propuesto.

5. Bibliografía

Adams, M., & Moss, M. (2000). Fermented and Microbial Foods. En *Food Microbiology* (págs. 311-356). University of Surrey, Cuildford, UK: Royal Society of Chemistry.

Annar Diagnóstica Import. (2014). *Cepas de referencia - Cepas Cualitativas*. Obtenido de División Industria: http://www.annardx.com/index.php/industria

Barriles y Toneles de Colombia. (2015). *Barriles para Añejamiento.* Obtenido de http://www.barrilescolombia.com

Benner, M., Linnermann, A. R., Jogen, W. M., & Folstar, P. (2003). Quality Function Deployment (QFD)—can it be usedto develop food products? *Food Quality and Preference, 14*, 327–339.

Bergquist, K., & Abeysekera, J. (1996). Quality Function Deployment(QFD) - A means for developing usable products. *International Journal of Industrial Ergonomics, 18*, 269-275.

Borda Molina, C., & Caicedo Orjuela, O. (2013). Cambios en el contenido nutricional de la uchuva (Physalis peruviana) frente a osmodeshidratación como método de conservación. *Perspectivas en Nutrición Humana, 15*, 149-156.

Botero, A. (2008). *Aplicación de la Ingeniería de Matrices en el desarrollo da la uchuva mínimamente procesada forti fi cada con calcio y vitaminas C y E.* Medellín: Universidad de Antioquía.

Camacho, G., & Sanabria, G. (2005). Alternativas de procesamiento y transformación de la uchuva. En *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva Physalis peruviana L. en Colombia* (págs. 191-203). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Chevallier, A. (1854). *Diccionario de las alteraciones y falsificaciones de las sustancias alimenticias, medicamentosas y comerciales, con la indicación de los medios de reconocerlas.* Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Costa, A. I., Dekker, M., & Jongen, W. M. (2001). Quality function deployment in the food industry: a review. *Trends in Food Science & Technology, 11*, 306-314.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE . (2015). *Encuesta Anual Manufacturera (EAM)*. Obtenido de Sistema de Consulta: http://www.dane.gov.co/index.php/industria/encuesta-anual-manufacturera-eam

Distrines Ltda. (2013). *Safale US-05. Levadura seca tipo ale.* Obtenido de Insumos de Cerveza: http://www.insumosdecerveza.com.co/levaduras.php?id=2

Emde, F. (2014). Vinegar. En *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (págs. 1-24). Wiley-VCH.

Guizani, N., & Mothershaw, A. (2006). Fermentation. En Y. HUI, *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering, Volume 2* (págs. 2-23 1234). Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Guizani, N., & Mothershaw, A. (2006). Vinegar. En Y. H. Hui, *Handbook of food science, technology, and engineering. Volume 2.* Boca Raton, Florida: Taylor & Francis Group.

Hauser , J. R., & Clausing, D. (1988). The House of Quality. *Harvard Business Review, 66*, 63-73.

Hernández, A. (2003). *Microbiología industrial.* San José, Costa Rica: EUNED.

Horiuchi, J.-I., Kanno, T., & Kobayashi, M. (2000). Effective Onion Vinegar Production by a Two-Step Fermentation System. *Journal of Bioscience and Bioengineering, 90*, 289-293.

ICONTEC. (1996). *NTC 3953 Azúcar y productos azucarados. Determinación de Colformes y Coliformes fecales. Téctica del NMP.* Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

ICONTEC. (2004). *NTC 3501 Análisis Sensorial. Vocabulario.* Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

ICONTEC. (2005). *GTC 125 Guía de métodos horizontales de análisis microbiológicos para bebidas, alimentos y alimentos de animales.* Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

ICONTEC. (2009). *NTC 3930 Análisis Sensorial. Metodología. Ordenamiento de acuerdo a un criterio específico.* Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

ICONTEC. (2012). *NTC 2188 Vinagre. Industrias Alimentarias.* Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación .

ICONTEC. (2013). *NTC 2680 Análisis Sensorial. Metodología. Prueba de Comparación Pareada.* Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

ICONTEC. (2014). *GTC 165 Análisis Sensorial. Metodología. Guía General.* Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

ISO. (2013). *Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 1.* International Organization for Standardization.

Kamp, D. (2006). *The United States of Arugula: How We Became a Gourmet Nation.* Doubleday Broadway.

Kampen, W. (1997). Nutritional Requirements in Fermentation Processes. En H. Vogel, & C. Todaro, *Fermentation and Biochemical Engineering Handbook* (págs. 122-159). Noyes Publications.

Lansky, V. (2003). *Vinegar: Over 400 Various, Versatile and Very Good Uses You've Probably Never Thought Of.* Book Peddlers.

Lee, J.-H., Cho, H.-D., Jeong, J.-H., Lee, M.-K., Jeong, Y.-K., Shim, K.-H., y otros. (2013). New vinegar produced by tomato suppresses adipocyte differentiation and fat accumulation in 3T3-L1 cells and obese rat model. *Food Chemistry*, 3241-3249.

Ligarreto, G. A., Lobo, M., & Correa, A. (2005). Recursos genéticos del genero Physalis en Colombia. En *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva Physalis peruviana L. en Colombia* (págs. 9-26). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Marín, Z. (2009). *Viabilidad de desarrollo de uchuva (Physalis peruviana L.) mínimamente procesada enriquecida con microorganismos probióticos a partir de la Ingeniería de Matrices.* Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Microbiologics Inc. (2010). *0511P Acetobacter aceti ATCC® 15973™* KWIK-STIK*. Obtenido de Products: http://microbiologics.com/0511P

Microbiologics Inc. (2014). *Recommended Growth Requirements for LYFO DISK® and KWIK-STIK™ Microorganisms.* Obtenido de https://catalog.hardydiagnostics.com/cp_prod/Content/pdf/Growth%20Requirements.pdf

Microgen Ltda. (2014). *Agar Chocolate*. Obtenido de Venta Agares Bogotá Colombia: http://www.microgenltda.com.co/microbiologia/venta-agares-bogota-colombia

Mier, H., & Cáez, G. (2011). Contenido de polifenoles, carotenos y capacidad antioxidante en frutos de uchuva (Physalis Peruviana) en relación a su estado de maduración. *Revista RECITEIA*, 104-112.

Park, S.-H., Ham, S., & Lee, M.-A. (2012). How to improve the promotion of Korean beef barbecue, bulgogi, for international customers. An application of quality function deployment. *Appetite, 59*, 324–332.

Puente, L., Pinto-Muños, C., Castro, E., & Cortés, M. (2011). Physalis peruviana Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, 1733–1740.

Rainieri, S., & Zambonelli, C. (2009). Organisms Associated with Acetic Acid Bacteria in Vinegar Production. En L. Solieri, & P. Giudici, *Vinegars of the World* (págs. 73-93). Milan: Springer.

República de Colombia. (1997). *Decreto 3075 de 1997.* Obtenido de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3337

República de Colombia. (2008). *Resolución número 775 de 2008.* Obtenido de https://www.invima.gov.co/images/stories/resoluciones/resolucion_775_2008.pdf

Restrepo, A. (2008). *Nuevas perspectivas de consumo de frutas: Uchuva (Physalis peruviana L.) y Fresa (Fragaria vesca L.) mínimamente procesadas forticadas con vitamina E.* Medellín: Tesis Universidad Nacional de Colombia.

Ronquillo, J. O. (1857). *Diccionario de materia mercantil, industrial y agrícola, que contiene la indicación, la descripción y los usos de todas las mercancías, Volumen 3.* Barcelona: Biblioteca de la Abadía de Montserrat.

Sanabria, S. (2005). Situación actual de la uchuva en Colombia. En *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva Physalis peruviana L. en Colombia* (págs. 1-8). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Smith, J., & Hong-Shum, L. (2011). *Food Additives Data Book.* Iowa: Wiley-Blackwell.

Solieri, L., & Giudici, P. (2009). *Vinegars of the World.* Verlag: Springer.

Suarez Moreno, D. X. (2003). Guía de procesos para la elaboración de néctares, mermeladas, uvas pasas y vinos. Siglo Del Hombre Editores S.A.

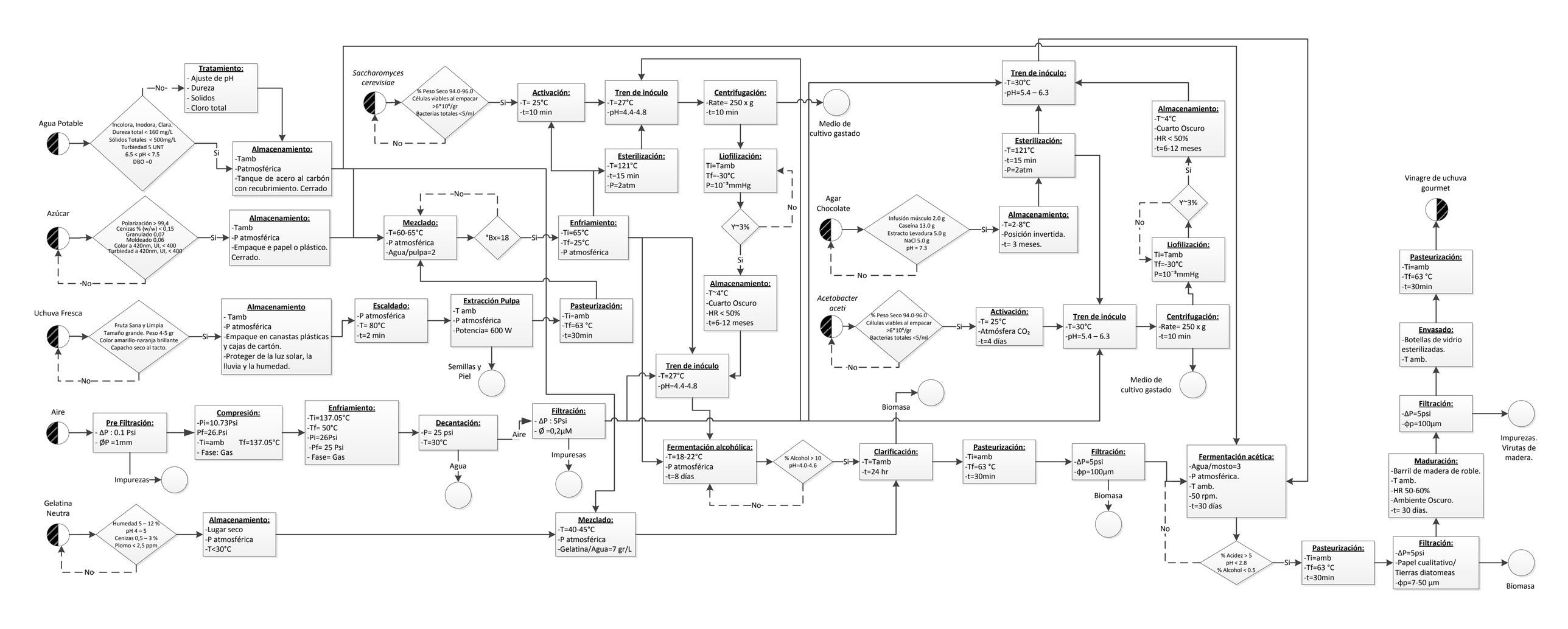
The Government of Canada. (Enero de 2011). *The Global Vinegar Market: Opportunities for Canadian Vinegar Exporters.* Obtenido de Agriculture and Agri-Food Canada: http://www5.agr.gc.ca/resources/prod/Internet-Internet/MISB-DGSIM/ATS-SEA/PDF/4344-eng.pdf

Ubeda, C., Callejón, R., Hidalgo, C., Torija, M., Troncoso, A., & Morales, M. (2013). Employment of different processes for the production of strawberry vinegars: Effects on antioxidant activity, total phenols and monomeric anthocyanins. *LWT-Food Science and Technology*, 139-145.

United Nations Statistics Division. (2015). *Vinegar*. Obtenido de Industrial Commodity Statistics Database: http://data.un.org/Data.aspx?d=ICS&f=cmID%3A23994-0

Viaene, J., & Januszewska, R. (1999). Quality function deployment in the chocolate industry. *Food Quality and Preference, 10*, 377-385.

Yacuzzi, E., & Martín, F. (2003). QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos. *Serie Documentos de Trabajo, Universidad del CEMA*.


Agua Potable
Incolora, Inodora, Clara.
Dureza total < 160 mg/L
Sólidos Totales < 500mg/L
Turbiedad 5 UNT
6.5 < pH < 7.5
DBO =0
No-
Si
Tratamiento:
- Ajuste de pH
- Dureza
- Solidos
- Cloro total
Almacenamiento:
-Tamb
-Patmosférica
-Tanque de acero al carbón con recubrimiento. Cerrado.
Azúcar
Polarización > 99,4
Cenizas % (w/w) < 0,15
Granulado 0,07
Moldeado 0,06
Color a 420nm, UI, < 400
Turbiedad a 420nm, UI, < 400
Si
No
Almacenamiento:
-Tamb
-P atmosférica
-Empaque e papel o plástico. Cerrado.
Uchuva Fresca
Fruta Sana y Limpia
Tamaño grande. Peso 4-5 gr
Color amarillo-naranja brillante
Capacho seco al tacto.
Si
No
Almacenamiento
- Tamb
-P atmosférica
-Empaque en canastas plásticas y cajas de cartón.
-Proteger de la luz solar, la lluvia y la humedad.
Escaldado:
-P atmosférica
-T= 80°C
-t=2 min
Extracción Pulpa
-T amb
-P atmosférica
-Potencia= 600 W
Semillas y Piel
Pasteurización:
-Ti=amb
-Tf=63 °C
-t=30min
Aire
Pre Filtración:
- ΔP : 0.1 Psi
- ØP =1mm
Impurezas
Compresión:
-Pi=10.73Psi
Pf=26.Psi
-Ti=amb Tf=137.05°C
- Fase: Gas
Enfriamiento:
-Ti=137.05°C
-Tf= 50°C
-Pi=26Psi
-Pf= 25 Psi
- Fase= Gas
Decantación:
-P= 25 psi
-T=30°C
Agua
Aire
Filtración:
- ΔP : 5Psi
- Ø =0,2µM
Impurezas
Gelatina Neutra
Humedad 5 – 12 %
pH 4 – 5
Cenizas 0,5 – 3 %
Plomo < 2,5 ppm
No-
Almacenamiento:
-Lugar seco
-P atmosférica
-T<30°C
Mezclado:
-T=40-45°C
-P atmosférica
-Gelatina/Agua=7 gr/L
Saccharomyces cerevisiae
% Peso Seco 94.0-96.0
Células viables al empacar >6*10⁶/gr
Bacterias totales <5/ml
No
Si
Activación:
-T= 25°C
-t=10 min
Tren de inóculo
-T=27°C
-pH=4.4-4.8
Esterilización:
-T=121°C
-t=15 min
-P=2atm
Centrifugación:
-Rate= 250 x g
-t=10 min
Liofilización:
Ti=Tamb
Tf=-30°C
P=10⁻³mmHg
Y~3%
No
Si
Almacenamiento:
-T~4°C
-Cuarto Oscuro
-HR < 50%
-t=6-12 meses
Medio de cultivo gastado
Mezclado:
-T=60-65°C
-P atmosférica
-Agua/pulpa=2
No
°Bx=18
Si
Enfriamiento:
-Ti=65°C
-Tf=25°C
-P atmosférica
Tren de inóculo
-T=27°C
-pH=4.4-4.8
Fermentación alcohólica:
-T=18-22°C
-P atmosférica
-t=8 días
% Alcohol > 10
pH=4.0-4.6
Si
No-
Clarificación:
-T=Tamb
-t=24 hr
Biomasa
Pasteurización:
-Ti=amb
-Tf=63 °C
-t=30min
Filtración:
-ΔP=5psi
-ϕp=100µm
Biomasa
Tren de inóculo:
-T=30°C
-pH=5.4 – 6.3
Esterilización:
-T=121°C
-t=15 min
-P=2atm
Almacenamiento:
-T=2-8°C
-Posición invertida.
-t= 3 meses.
Agar Chocolate
Infusión músculo 2.0 g
Caseína 13.0 g
Estracto Levadura 5.0 g
NaCl 5.0 g
pH = 7.3
Si
No
Acetobacter aceti
% Peso Seco 94.0-96.0
Células viables al empacar >6*10⁶/gr
Bacterias totales <5/ml
Si
No
Activación:
-T= 25°C
-Atmósfera CO_2
-t=4 días
Tren de inóculo
-T=30°C
-pH=5.4 – 6.3
Centrifugación:
-Rate= 250 x g
-t=10 min
Medio de cultivo gastado
Almacenamiento:
-T~4°C
-Cuarto Oscuro
-HR < 50%
-t=6-12 meses
Si
Y~3%
No
Liofilización:
Ti=Tamb
Tf=-30°C
P=10⁻³mmHg
Fermentación acética:
-Agua/mosto=3
-P atmosférica.
-T amb.
-50 rpm.
-t=30 días
No
% Acidez > 5
pH < 2.8
% Alcohol < 0.5
Si
Pasteurización:
-Ti=amb
-Tf=63 °C
-t=30min
Filtración:
-ΔP=5psi
-Papel cualitativo/ Tierras diatomeas
-ϕp=7-50 µm
Biomasa
Maduración:
-Barril de madera de roble.
-T amb.
-HR 50-60%
-Ambiente Oscuro.
-t= 30 días.
Filtración:
-ΔP=5psi
-ϕp=100µm
Impurezas. Virutas de madera.
Envasado:
-Botellas de vidrio esterilizadas.
-T amb.
Pasteurización:
-Ti=amb
-Tf=63 °C
-t=30min
Vinagre de uchuva gourmet