

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)”

Trabajo de titulación previa la obtención del
título de Ingenieras en Alimentos

AUTORAS: Bustillos Sánchez Dayana Lisbeth

Cochero Murillo Brenda Liceth

TUTOR: MSc. Carlos Paredes

Tulcán, 2022

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que la estudiante Bustillos Sánchez Dayana Lisbeth con el número de cédula 100462853-1 ha elaborado el trabajo de titulación: “Obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



Firmado electrónicamente por:
1002503587 CARLOS
ARTURO PAREDES
PITA

.....
Paredes Pita Carlos Arturo, MSc.

TUTOR



Firmado electrónicamente por:
MIGUEL ANGEL
ANCHUNDIA
LUCAS

.....
Anchundia Lucas Miguel Angel, MSc.

LECTOR

Tulcán, mayo de 2022

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que la estudiante Cochero Murillo Brenda Liceth con el número de cédula 175850061-3 ha elaborado el trabajo de titulación: “Obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



Firmado electrónicamente por:
1002503587 CARLOS
ARTURO PAREDES
PITA

.....
Paredes Pita Carlos Arturo, MSc.

TUTOR



Firmado electrónicamente por:
MIGUEL ANGEL
ANCHUNDIA
LUCAS

.....
Anchundia Lucas Miguel Angel, MSc.

LECTOR

Tulcán, mayo de 2022

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniería en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Bustillos Sánchez Dayana Lisbeth con cédula de identidad número 100462853-1 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Bustillos Sánchez Dayana Lisbeth
AUTORA

Tulcán, mayo de 2022

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniería en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Cochero Murillo Brenda Liceth con cédula de identidad número 1758500613 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.




.....
Cochero Murillo Brenda Liceth

AUTORA

Tulcán, mayo de 2022

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Bustillos Sánchez Dayana Lisbeth declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.



Bustillos Sánchez Dayana Lisbeth
AUTORA

Tulcán, mayo de 2022

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cochero Murillo Brenda Liceth declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.



.....
Cochero Murillo Brenda Liceth
AUTORA

Tulcán, mayo de 2022

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes que forman parte de la Carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por todos los conocimientos brindados, han contribuido de manera extraordinaria en mi formación académica.

Un especial agradecimiento al MSc. Carlos Paredes, y al Qco. Vinicio Revelo por su compromiso y tiempo que nos dedicó en el proceso de investigación para la obtención de mi título profesional.

Agradezco a mi hermana Leisy Tatiana Bustillos, por el apoyo económico y moral durante toda mi carrera universitaria.

Finalmente agradezco a Alexander Sánchez por formar parte de este proceso de titulación brindándome su apoyo incondicional.

Bustillos Sánchez Dayana Lisbeth

Agradezco a Dios por haberme brindado la vida y sobre todo la salud para permitir que fuera posible alcanzar tan anhelado sueño, a mis padres Yamileth Murillo y Javier Garzón por todo su apoyo brindado desde el primer momento que inicie mi carrera, por enseñarme a luchar sin rendirme a la primera, por el amor y el cariño que siempre me han brindado.

A mi esposo MSc. José Yandún por estar conmigo en las buenas y en las malas, por permitirme terminar mi carrera a pesar de todos los obstáculos que se presentaron, por estar presente en cada momento que lo necesite, a mi compañera Dayana Bustillos que a pesar de los obstáculos que se nos presentaron en el transcurso de la tesis no se dio por vencida, gracias por estar ahí presente sin importar lo difícil y lo complicado que fue.

Agradezco a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por permitirme prepararme para la vida profesional, a todo el cuerpo de docente que hacen parte de la facultad por todas sus enseñanzas y lecciones de vida, a mi tutor MSc. Carlos Paredes y al Qco. Vinicio Revelo por guiarnos durante todo este proceso.

Cochero Murillo Brenda Liceth

DEDICATORIA

Este trabajo de grado y todos los logros que a partir de este momento obtenga quiero dedicar principalmente a mis padres Mariana Sánchez e Iván Bustillos; a mis hermanos quienes me han brindado su amor, paciencia, tiempo y sobre todo apoyo incondicional; porque ellos son y serán siempre la razón de mi esfuerzo, motivación y dedicación; por ser las personas más especiales y permanecer a mi lado compartiendo el gran anhelo de obtener mi título profesional.

Bustillos Sánchez Dayana Lisbeth

Dedico todos mis esfuerzos y logros de corazón a mi hija Lia Monserrath Yandún por quien es mi motor de vida, la cual me permitió seguir luchando y esforzándome cada día más para cumplir mis metas sin darme por vencida, con constancia y perseverancia se puede lograr llegar a la meta.

Cochero Murillo Brenda Liceth

ÍNDICE

RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	18
I. PROBLEMA	20
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.3. JUSTIFICACIÓN	21
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	22
1.4.1. Objetivo General.....	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
1.4.3. Preguntas de Investigación	22
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	23
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	23
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. Bebidas alcohólicas	24
2.2.1.1. Historia	24
2.2.1.2. Tipos de bebidas alcohólicas	25
2.2.2. Fermentación	25
2.2.2.1. Reacción química de la fermentación.....	25
2.2.2.2. Tipos de fermentación alcohólica.....	26
2.2.2.3. Microorganismos fermentadores en la industria de alimentos	27
2.2.2.4. Factores que influyen en el proceso fermentativo	27
2.2.3. Vodka	28
2.2.3.1. Elaboración de vodka	29
2.2.3.2. Contenido alcohólico etílico del vodka	29

2.2.3.3. Requisitos físicos y químicos para el vodka.....	29
2.2.4. Oca (Oxalis tuberosa).....	30
2.2.4.1. Taxonomía de la oca.....	30
2.2.4.2. Variedades de oca.....	31
2.2.4.3. Producción en el Ecuador.....	32
2.2.4.4 Composición química de la oca.....	33
2.2.4.5. Composición nutricional de la oca.....	33
2.2.4.6. Condiciones postcosecha.....	34
2.2.5. Almidón.....	35
2.2.5.1. Propiedades funciones del almidón.....	35
2.2.5.2. Gelatinización del almidón.....	36
2.2.6. Hidrólisis.....	36
2.2.6.1. Hidrólisis de ácida.....	36
2.2.6.1.1. Ácido cítrico.....	37
2.2.6.1.1.1. Uso del ácido cítrico en la industria alimentaria.....	38
2.2.6.1.2. Ácido sulfúrico.....	38
2.2.6.1.2.1. Uso del ácido sulfúrico en la industria alimentaria.....	39
2.2.6.2. Hidrólisis enzimática.....	39
2.2.6.2.1. Enzimas.....	39
2.2.6.2.2. Clasificación de las enzimas.....	39
2.2.7. Levaduras.....	40
2.2.7.1. Levadura de genero Saccharomyces cerevisiae.....	40
2.2.8. Destilación.....	41
2.2.8.1. Destilación simple por arrastre de vapor.....	41
2.2.8.2. Partes de un destilador.....	41
2.2.8.3. Tipos de destilación.....	42
2.2.8.3.1. Destilación discontinua.....	42

2.2.8.4. La clasificación del alcohol por el grado.....	43
III. METODOLOGÍA.....	44
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	44
3.1.1. Enfoque.....	44
3.1.2. Tipo de Investigación	44
3.2. HIPÓTESIS	44
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	44
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	46
3.4.1. Procedimiento para la extracción de almidón de oca (Oxalis tuberosa).....	46
3.4.2. Proceso de hidrólisis de almidón con ácido cítrico	49
3.4.3. Proceso de hidrólisis de almidón con ácido sulfúrico	52
3.4.4 Análisis Físicos y Químicos	55
3.4.4.6. Determinación de metanol, furfural y alcoholes superiores.....	56
3.4.5. Análisis Sensorial de la bebida destilada vodka.....	56
3.4.6. Análisis Estadístico	57
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1. RESULTADOS	59
4.1.1. Rendimiento de almidón de oca (Oxalis tuberosa).....	59
4.1.2. Hidrólisis ácida.....	59
4.1.3. Efecto de la hidrólisis ácida en el proceso fermentativo	60
4.1.4. Caracterización fisicoquímica de una bebida alcohólica (Vodka) de los cuatro mejores tratamientos.....	65
4.1.5 Análisis sensorial.....	66
4.2. DISCUSIÓN.....	67
4.2.1. Rendimiento de almidón.....	67
4.2.3. Efecto de la hidrólisis ácida en el proceso fermentativo	68
4.2.4. Proceso fermentativo	69

4.2.5. Caracterización fisicoquímica de una bebida alcohólica (Vodka) de los cuatro mejores tratamientos.....	71
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1. CONCLUSIONES.....	73
5.2. RECOMENDACIONES	73
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
VII. ANEXOS	79
Anexo 1: Certificado o Acta del Perfil de Investigación.....	79
Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas	81
Anexo 3: Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 360:2016	83
Anexo 4: Test de evaluación sensorial de aceptabilidad de los ensayos.....	86
Anexo 5: Resultados de los análisis fisicoquímicos.....	87
Anexo 6: Fotografías	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reacción bioquímica de la fermentación	26
Figura 2. Planta de oca (Oxalis tuberosa).....	30
Figura 3. Variedades de oca existentes.....	31
Figura 4. Fórmula estructural del ácido cítrico	38
Figura 5. Aparato de destilación.....	41
Figura 6. Diagrama de proceso de la extracción de almidón de oca	48
Figura 7. Diagrama de proceso de hidrólisis de almidón con ácido cítrico.....	51
Figura 8. Diagrama de proceso de hidrólisis de almidón con ácido sulfúrico.....	54
Figura 9: Rendimiento de almidón de dos variedades de oca	59
Figura 10. Curva del comportamiento de pH Vs días de los cuatro mejores tratamientos	63
Figura 11. Curvas de comportamiento de sólidos solubles Vs días de los cuatro mejores tratamientos	64
Figura 12: Comparación de los grados de alcohol en los diferentes tratamientos	64
Figura 13: Selección y limpieza de la oca (Oxalis tuberosa)	91

Figura 14: Pesado de la oca amarilla y blanca.....	91
Figura 15: Cortes en forma circular de 5 cm de la oca.....	91
Figura 16: Trituración de la oca en una licuadora industrial.....	91
Figura 17:Primera sedimentación de la oca por 12 horas.....	91
Figura 18: Filtración de la oca separando lo sólidos de lo líquido.....	91
Figura 19: Segunda sedimentación del almidón por 12 horas.....	92
Figura 20: Primer lavado del almidón.....	92
Figura 21: Segundo lavado de la oca.....	92
Figura 22: Obtención del almidón de oca después de su limpieza.....	92
Figura 23: Secado del almidón a temperatura ambiente por 5 días.....	92
Figura 24: Filtración del almidón de oca.....	92
Figura 25: Almidón de oca amarilla y oca blanca empacado en fundas siplex.....	92
Figura 26: Pesado 30 gr de almidón de oca.....	92
Figura 27: Pesado del ácido cítrico para las diferentes formulaciones.....	92
Figura 28: Equipo de hidrólisis ácida por calor.....	92
Figura 29: Diferentes concentraciones de ácido sulfúrico en los tratamientos para la hidrólisis ácida.....	92
Figura 30: Hidrólisis ácida con el ácido sulfúrico a una temperatura de 140°.....	92
Figura 31: Hidrólisis ácido con ácido cítrico a una temperatura de 140°C.....	92
Figura 32: Prueba de Yodo, colocando tres gotas de Lugol a la solución hidrolizada.....	92
Figura 33: Filtración de la solución hidrolizada.....	92
Figura 34: Medición del pH de la solución antes de la fermentación.....	92
Figura 35: Fermentación de los tratamientos por 10 días a una temperatura de 35°C.....	92
Figura 36: Primera destilación de los diferentes tratamientos sacando cabeza, cuerpo y cola a una temperatura de 85°C.....	92
Figura 37: Segunda destilación de los diferentes tratamientos sacando cabeza, cuerpo y cola a una temperatura de 85°C.....	92
Figura 38: Medición del grado alcohólico con un alcoholímetro para los diferentes tratamientos.....	92
Figura 39: Envasado en botellas esterilizadas transparentes de 750mL.....	92
Figura 40: Primer grupo catador con panelistas no entrenados.....	92
Figura 41: Segundo grupo catador con panelistas no entrenados.....	92
Figura 42: Tercer grupo catador con panelistas no entrenados.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos y químicos para el vodka	29
Tabla 2. Clasificación de la taxonomía de la oca	31
Tabla 3. Composición química de la oca.....	33
Tabla 4. Contenido nutricional de la oca.....	33
Tabla 5. Operacionalización de las variables	45
Tabla 6. Puntaje de la apreciación hedónica.....	56
Tabla 7: Factor A (tipo de almidón)	57
Tabla 8: Factor B (ácido cítrico)	57
Tabla 9: Factor B (ácido sulfúrico)	57
Tabla 10: Combinación y tratamientos de los factores de estudio.....	58
Tabla 11: Características del experimento.....	58
Tabla 12. Resultado del parámetro sólidos solubles (°Brix), después de la hidrólisis ácida ...	60
Tabla 13: Resultado del comportamiento de pH inicial y final en el proceso de fermentación	61
Tabla 14. Resultado del comportamiento de sólidos solubles (°Brix) inicial y final en el proceso de fermentación	61
Tabla 15. Comportamiento de los grados de alcohol	62
Tabla 16. Análisis fisicoquímicos para bebidas alcohólicas. Vodka.....	65
Tabla 17: Evaluación sensorial de los cuatro tratamientos de la bebida alcohólica destilada (Vodka).....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Certificado o Acta del Perfil de Investigación.....	79
Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas	81
Anexo 3: Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 360:2016	83
Anexo 4: Test de evaluación sensorial de aceptabilidad de los ensayos.....	86
Anexo 5: Resultados de los análisis fisicoquímicos.....	87
Anexo 6: Fotografías	91

RESUMEN

La oca es un tubérculo andino, su forma es alargada y cilíndrica, sus colores van desde un color blanco hasta un morado oscuro, con un alto contenido de almidón, es rico en proteínas, fibra, y aminoácidos. El objetivo de esta investigación es obtener una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*). Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (A x B), en donde el factor A es la variedad de almidón de oca y el factor B es la concentración de los ácidos, para el análisis estadístico se utilizó un análisis de varianza y una prueba de Tukey (95% de probabilidad y 5% de margen de error). Se realizó el proceso de extracción de almidón de dos variedades de oca, en la hidrólisis ácida se trabajó con ácido cítrico y sulfúrico encargados de romper los enlaces glucosídicos del almidón convirtiéndolos en azúcares para el proceso fermentativo y el rendimiento de alcohol en la destilación. En el proceso de hidrólisis se determinó que al utilizar un ácido fuerte (sulfúrico) se obtuvo un °Brix de (16,3 – 15) y en el ácido débil (cítrico) un °Brix de (12,3-12,2), a la misma temperatura (140°C), tiempo (360min) y pH de 4,5, obteniendo °Brix finales entre 3,3- 4,7 con pH finales de 3,6 -3,4, se realizó dos destilaciones, en la primera se obtuvo °GL de 8,68 a 16,01 y en la segunda 25,01 a 46,11 °GL, resaltando que se determinó los cuatro mejores tratamientos de acuerdo a la variedad de almidón de oca y a la concentración de ácido. Se realizaron análisis fisicoquímicos de metanol, furfural y alcoholes superiores. Se aplicó una evaluación sensorial midiendo atributos como: transparencia, olor, sabor y aceptabilidad, a través de una prueba hedónica de 7 puntos por un panel de 50 jueces no entrenados. Finalmente se logró concluir que el T6 (Oca blanca + 2,5 ácido sulfúrico) fue el favorecido, el mismo que obtuvo un pH=3,7; sólidos solubles (°Brix) =3,3; grados de alcohol 40 °GL; Metanol= <0,01; Furfural= <0,01 y alcoholes superiores= 7,23 cumpliendo con las Normas INEN 369 y 1837 (2016).

Palabras clave: Almidón de oca, hidrólisis ácida, fermentación, destilación.

ABSTRACT

The oca is an Andean tuber, its shape is elongated and cylindrical, its colors range from white to dark purple, with a high content of starch, it is rich in protein, fiber and amino acids. The objective of this research is to obtain a distilled alcoholic beverage (vodka) by means of acid hydrolysis from oca starch (*Oxalis tuberosa*). A completely randomized design with a factorial arrangement (A x B) was applied, where factor A is the variety of oca starch and factor B is the concentration of acids. For statistical analysis, an analysis of variance and a Tukey test (95% probability and 5% margin of error). The process of extracting starch from two varieties of oca was carried out, in the acid hydrolysis, citric and sulfuric acid were used, in charge of breaking the glycosidic bonds of the starch, converting them into sugars for the fermentation process and the alcohol yield in the distillation. In the hydrolysis process it was determined that when using a strong acid (sulfuric) a °Brix of (16.3 – 15) was obtained and in the weak acid (citric) a °Brix of (12.3-12.2) , at the same temperature (140°C), time (360min) and pH of 4.5, obtaining final °Brix between 3.3-4.7 with final pH of 3.6-3.4, two distillations were carried out , in the first one °GL was obtained from 8.68 to 16.01 and in the second 25.01 to 46.11 °GL, highlighting that the four best treatments were extended according to the variety of oca starch and the concentration of acid. Physicochemical analyzes of methanol, furfural and higher alcohols were performed. A sensory evaluation was applied, measuring attributes such as: transparency, smell, taste and acceptability, through a 7-point hedonic test by a panel of 50 non-disordered judges. Finally, it was concluded that T6 (white Oca + 2.5 sulfuric acid) was the favored one, the same one that obtained a pH=3.7; soluble solids (°Brix) =3.3; degrees of alcohol 40 °GL; Methanol= <0.01; Furfural= <0.01 and higher alcohols= 7.23 complying with INEN Standards 369 and 1837 (2016).

Keywords: Oca starch, acid hydrolysis, fermentation, distillation.

INTRODUCCIÓN

La oca (*Oxalis tuberosa*) se encuentra en los tres principales cultivos andinos más importantes en el Ecuador, siendo el segundo tubérculo más cultivado después la papa, debido a que es resistente a climas fríos moderados y además presenta propiedades nutricionales, siendo una fuente de carbohidratos, calcio y hierro. El instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Centro Internacional de la Papa (CIP), indica que el conocimiento local sobre este producto es bastante restringido por el hecho que se han perdido algunos ecotipos de ocas, la oca no goza de un mercado tan extendido como el melloco o la papa.

Según Sánchez (2020) afirma que el almidón es una materia prima con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura y consistencia de los alimentos, debido a que el almidón está compuesto de dos polisacáridos: amilosa y la amilopectina, la amilosa es un polímero lineal de moléculas de glucosa que se unen por enlaces α (1 – 6), mientras que la amilopectina es un polímero ramificado de moléculas de glucosa unidas, en un 94-96% por enlaces de α (1 – 4), y en un 4-6% con enlaces α (1 – 6).

La conversión de almidón en azúcares se lleva a cabo mediante hidrólisis ácida o enzimática, para la hidrólisis ácida del almidón se utiliza ácidos como, clorhídrico, sulfúrico, fosfórico, cítrico, llevando a cabo a temperatura de ebullición. El ácido cataliza al azar los enlaces glucosídicos del almidón por lo que se forma una gran variedad de oligosacáridos, los cuales finalmente se convierten en glucosa. (Sánchez D. , 2020)

Las bebidas alcohólicas son parte de las costumbres y tradiciones en el Ecuador a medida que pasa el tiempo las industrias de bebidas alcohólicas van en aumento, se han desarrollado gran variedad de bebidas destiladas entre ellas el vodka a base de tubérculos andinos como es la papa, yuca, entre otros, brindando un valor agregado a estos productos. (Benavides, I. y Pozo, M, 2018)

Por otro lado, el vodka en la actualidad se ha convertido en una bebida popular en el mundo, ya que esta bebida no solo es consumida como base para un coctel, si no como un licor que se puede servir solo y ligeramente frío para apreciar sus características y calidad. En el Ecuador el 3.70% de la población consume vodka según la consultora Pulso - Ecuador. (Cabrera, F. y Molina, D, 2017)

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 369 (2016), define al vodka como “Bebida alcohólica obtenida mediante la hidratación del alcohol etílico rectificado extra neutro, proveniente de productos naturales y tratado por un método conveniente, de manera que quede sin carácter, aroma o gusto distintivo” se debe tener en cuenta que para ser considerada una bebida alcohólica (vodka) debe presentar un mínimo de 37,5% grados de alcohol, en este tipo de bebidas no se permite adicionar edulcorantes, colorantes, saborizantes.

Uno de los mercados más competitivos en el Ecuador son las bebidas alcohólicas, lo cual es necesario dar un nuevo enfoque al uso de estas materias primas que han ido desapareciendo con el pasar del tiempo, con el interés de promover su cultivo a nivel agrícola y aprovechar los beneficios que aporta este tubérculo. Esta investigación nos permitió obtener bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), cumpliendo con lo establecido en la NTE INEN 369 (2016), incitando a la aplicación de nuevas alternativas de hidrólisis en el campo industrial.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador la industrialización de bebidas alcohólicas elaboradas con almidón extraído de la oca no ha sido tomada en cuenta para investigaciones afirma, Ambuludi, M (2014) debido a que se considera un tubérculo poco tradicional, que a su vez por no tener un valor agregado en los mercados es utilizada únicamente para consumo en el hogar y alimentación animal sin ser procesada, pero esto en cantidades mínimas a las producidas en la Provincia del Carchi, debido a que no se ha conseguido dar nuevas alternativas de industrialización, que permitan aprovechar varios componentes que son de interés en la Industria alimentaria.

Según Cusanguá, K. (2019) afirma que el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) el conocimiento local sobre este tubérculo es bastante restringido y hasta confuso por el hecho de que han perdido algunos ecotipos de oca que antes se cultivaban, como oca amarilla, rosada, chaucha, entre otras. Cabe recalcar que el Ministerio de Agricultura y Ganadería considera que la oca es un tubérculo no importante en la provincia del Carchi, lo cual los ha llevado a dejar de realizar seguimientos técnicos con respecto a la producción de este cultivo.

La decreciente demanda de este producto no ha permitido que exista apoyo de entidades gubernamentales para la realización de proyectos o capacitaciones que encaminen al agricultor a la tecnificación y procesamiento de la oca, el desconocimiento del manejo postcosecha ocasiona que este producto llegue a su punto de maduración y no haya posibilidad de transformar o procesar dicho producto y encaminar a la obtención de una oca de calidad ya sea en su forma, color, aspecto incluso sabor, estas siendo características esenciales al momento de su industrialización y así conseguir subproductos con las condiciones requeridas en la normativa vigente.

Según Suquilanda, M. (2015) la provincia del Carchi cultiva reducidas cantidades de oca por varios motivos, uno de ellos es que el agricultor al no contar con un mercado para este tubérculo genera pérdidas al momento de su comercialización. No existe ventas directas e indirectas de la oca como materia prima, en donde el agricultor es el menos beneficiado al momento de su cosecha. Por ende, cuando el agricultor deje de interesarse por este tubérculo se pierde por completo la línea de variedades de la oca.

En la industria alimentaria la hidrólisis ácida, es muy limitada en bebidas fermentadas a comparación de la hidrólisis enzimática, debido al desconocimiento de estos ácidos, impidiendo formular nuevos procesos de producción con características de mayor valor en la industria.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible la elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) por el método de hidrólisis ácida a partir del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) como alternativa de industrialización de esta materia prima?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Para esta investigación se ha considerado utilizar oca (*Oxalis tuberosa*), en una bebida destilada (vodka), teniendo en cuenta que es tubérculo que presenta un alto contenido de almidón, y otros nutrientes que permitirán numerosas aplicaciones entre ellas la extracción de alcohol mediante la fermentación, cuyas ventajas alimenticias son importantes por ser una alternativa para el diseño de nuevos productos.

En el Ecuador la producción de oca se lo realiza de forma orgánica, por lo que hace que esta materia prima tenga las características esenciales para el diseño y procesamiento de nuevos alimentos, con los parámetros de calidad requeridos en las normativas vigentes.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos, (2013) más de 900 mil de ecuatorianos consumen bebidas alcohólicas, siendo la cerveza con mayor porcentaje de 53%; seguida de un 32,6% en licores (vodka, wiski) y por último un 11% en vino, lo cual provoca dar un valor agregado en la industria licorera consiguiendo que el agricultor sea el mayor beneficiado al cultivar su producto.

Debido al alto consumo de las bebidas alcohólicas se desea darle una oportunidad de la oca (*Oxalis tuberosa*) como materia prima en la industria, por lo tanto, esta propuesta se realiza con el fin de abrir nuevos mercados para el productor, proporcionando a este un conocimiento técnico y facilitando nuevas ideas de desarrollo.

Según, Puertas, M. (2018) la hidrólisis ácida consiste en un proceso químico que, mediante el empleo de catalizadores ácidos (ácido cítrico y sulfúrico), transforma cadenas de polisacáridos que forman la biomasa en sus monómeros elementales (azúcares fermentables o reductores). El grado de degradación de la materia prima depende de la concentración del ácido, la temperatura y el tiempo de hidrólisis, los ácidos tienen diversos usos en esta área, estos altamente diluidos

tienen la propiedad de un agente acidificante y se lo usa comúnmente como material auxiliar técnico en la industria alimentaria.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

- Obtener una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la acción hidrolítica de dos tipos de ácidos (cítrico y sulfúrico) de la oca (*Oxalis tuberosa*).
- Cuantificar los °Brix y pH que genera la hidrólisis ácida en el proceso fermentativo
- Verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma INEN 369 del vodka (furfural, metanol, alcoholes totales).
- Determinar las características sensoriales de la bebida alcohólica (vodka).

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Qué cambios genera la hidrólisis utilizando ácidos en el almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)
- ¿En qué medida afecta la utilización de hidrólisis ácida en el proceso fermentativo?
- ¿Qué normas en Ecuador regulan la producción de bebidas alcohólicas?
- ¿Qué parámetros fisicoquímicos se obtiene con la utilización de hidrólisis ácida en la elaboración de una bebida alcohólica destilada vodka?
- Como incide la concentración del almidón y los ácidos en los atributos sensoriales de la bebida alcohólica

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Según Mogrovejo, A. (2019) en su estudio estableció la influencia de dos métodos para la obtención de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), utilizando dos procesos de operación húmedo y seco, en ambos se mantuvieron las características fisicoquímicas dentro de los rangos establecidos en la normativa, tuvo en cuenta el rendimiento, la temperatura y la prueba de yodo. En esta investigación se tomó como referencia el método seco para obtener el almidón, permitiendo que no exista cambios en sus características y así obtener mayor rendimiento, de igual forma la prueba de yodo ayudo a comprobar si hay presencia o no de almidón, se aclara que a diferencia de este autor el rendimiento del almidón obtenido fue bajo, comparando a los resultados de su estudio, recomendado que se realicen indagaciones para favorecer el rendimiento de almidón.

De acuerdo con Jiménez, et al, (2011) en su investigación tuvo como objetivo obtener azúcares fermentables mediante hidrólisis ácida de *Beta vulgaris L*, con ácido sulfúrico evaluando las concentraciones de 0,5, 1,2 y 3 N, a temperaturas de 30, 40 y 90°C y con un tiempo de hidrólisis de 2, 4 y 6 horas. Se estableció que entre más tiempo de hidrólisis mayor será el rendimiento de azúcares. De esta referencia se utilizó los tiempos y las concentraciones dando como resultado que a un tiempo de 6 horas se logra hidrolizar el almidón presente en la solución brindando más azúcares, concluyendo que a concentraciones más altas el proceso es más eficaz.

De acuerdo con Ordóñez, L. (2022) en su estudio desarrollo una bebida alcohólica destilada tipo vodka a partir dos variedades de tubérculos, papa china (*Colacasia esculenta*) y oca (*Oxalis tuberosa*), en la fase de hidrólisis tomo en cuenta la variación de pH y °Brix, de igual forma el proceso de fermentación y destilación, lo cual se obtuvieron parámetros establecidos en la normativa del vodka. De esta referencia se tuvo en cuenta los parámetros para la elaboración del vodka principalmente en el proceso de fermentación como es pH y °Brix con el fin de que la levadura actúe en el proceso fermentativo sin ningún inconveniente.

Según Benavides, I. y Pozo, M, (2018) en su investigación elaboró una bebida alcohólica destilada (Vodka) a partir de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando dos tipos

de enzimas. Los parámetros evaluados fue el rendimiento del almidón, pH, y °Brix, produciendo cambios durante un tiempo de 12 días en el pH y °Brix, con rangos de 4 a 5 en pH y los grados brix entre 12 a 22 para que se efectúe la fermentación. Este estudio servirá para comparar los resultados obtenidos, de igual forma para tener en cuenta los rangos en los que deben estar los parámetros para la obtención de la bebida alcohólica.

Según Puertas, M. (2018), en su investigación titulada "Efecto de la cinética de hidrólisis ácida de almidón de maíz (*Zea mays L.*) en el rendimiento para la obtención de etanol", se evaluó las concentraciones de almidón y tiempo de hidrólisis ácida, debido a las concentraciones de almidón se generó mayor cantidad de azúcares obteniendo mayor grado de etanol, tomando en cuenta que los tiempos utilizados son mínimos a comparación de otras indagaciones. Los datos y resultados de esta referencia se utilizarán con el fin de comparar el tiempo de hidrólisis y los grados de alcohol obtenidos del estudio realizado.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Bebidas alcohólicas

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 338, define las bebidas alcohólicas como: "Productos alcohólicos aptos para el consumo humano, provenientes de la fermentación, destilación, preparación o mezcla de los mismos, de origen vegetal, salvo las preparaciones farmacéuticas."

La productividad de bebidas alcohólicas ha sido un movimiento enlazado a diferentes culturas, siendo unas de las industrias más significativas en el sector económico en el mundo. Las bebidas alcohólicas son las que engloba al etanol en su elaboración, extrayéndose de varias fuentes vegetales, hasta de animales y por distintos procedimientos (mezcla, extracción, fermentación, destilación, etc.) exhibiendo en su formación más de un 0,5% de alcohol. (Maldonado, 2019)

2.2.1.1. Historia

Las bebidas fermentadas existen desde años atrás, alrededor del año 7000 a de C, en China se evidencia una bebida alcohólica primitiva, en cambio en la India en el año 3000 y 2000 a de C denominan sura a una bebida destilada a partir del arroz. Diversas culturas nativas americanas extendieron bebidas alcohólicas en el transcurso de la época precolombina, que fueron elaboradas a base de uvas, manzanas, maíz dando el nombre de "chicha" (Carreño, 2019)

2.2.1.2. Tipos de bebidas alcohólicas

- **Bebida alcohólica destilada**

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 338 afirma que una bebida alcohólica se obtiene de una destilación o dilución de concentrados fermentados, permitiendo agrandar los grados de alcohol en la bebida.

- **Bebidas fermentadas**

Estas bebidas se elaboran aplicando únicamente a un proceso fermentativo, en donde se adquiere que una levadura convierta el azúcar en alcohol. Según la NTE INEN 338 son bebidas que se obtienen mediante una fermentación, consiguiendo un 14° GL. (Ambuludi, M., 2014)

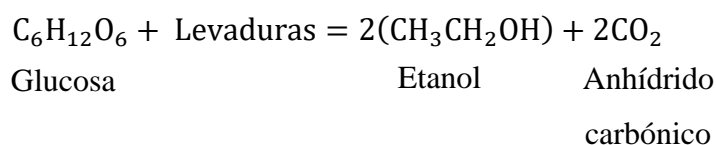
- **Bebidas espirituosas**

Según la NTE INEN 338 “Son bebidas alcohólicas que se obtienen mediante destilación y con un grado alcohólico mínimo de 15°GL a la temperatura determinada por la norma INEN 340”. El contenido alcohólico deduce de la destilación de líquidos azucarados fermentados.

2.2.2. Fermentación

Es el proceso por el cual los azúcares contenidos en el mosto se transforman en etanol, facilitando energía anaeróbica a los microorganismos unicelulares denominadas levaduras en plena ausencia de aire para ello dividen las moléculas de glucosa, obteniendo la energía precisa para sobrevivir, creando CO₂ como desechos y alcohol resultados de la fermentación. (Arévalo, 2011, pp 30)

Gay-Lussac en el año 1820 establece la ecuación para la fermentación alcohólica, expresada en términos químicos:



Es decir, la molécula de glucosa más levaduras produce 2 de alcohol y 2 de anhídrido carbónico.

2.2.2.1. Reacción química de la fermentación

En la fermentación alcohólica las levaduras descarboxilan el piruvato logrado de la glucólisis, obteniendo acetaldehído, y este se levaduras descarboxilan el piruvato obtenido de la ruta

(glucolisis) dando acetaldehído, y éste se somete a etanol por la acción de Nicotinamida adenina dinucleótido (NADH₂), como se muestra en la figura 1.

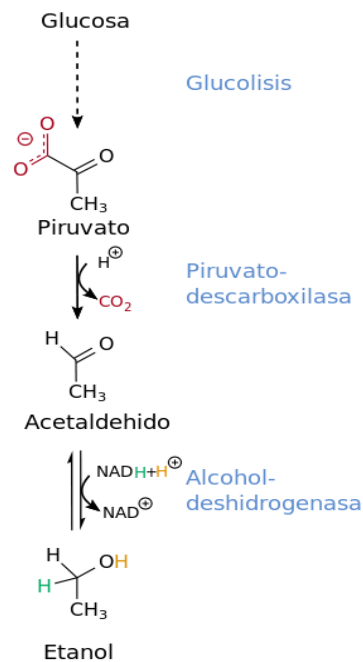


Figura 1. Reacción bioquímica de la fermentación

Fuente: (Guiron, G. y Funes L, 2013)

2.2.2.2. Tipos de fermentación alcohólica

Según (Guiron, G. y Funes L, 2013), afirma que “Los tipos de fermentación son anaerobia, industrial, típica, naturales y específicas, como se describe a continuación”:

- **Fermentación anaerobia:**

Es una intervención fácil, en donde el medio estéril en un fermentador también estéril se transmite con un organismo oportuno, en el cual este organismo empieza a aumentarse de forma rápida y ahí es cuando su fermentación inicia.

- **Fermentación industrial:**

La fermentación etílica ha padecido varios cambios con el objeto de ampliar la actividad química del proceso, uno de los progresos más estudiados en la industria es la posibilidad de efectuar la fermentación alcohólica continua con el objeto de obtener mayores cantidades de etanol.

- **Fermentación industrial típica:**

Este proceso se lo realiza en un fermentador, en el cual las levaduras son modificadas por la reacción microbiana de biomasa y metabolitos. En este proceso los microorganismos van progresando de concentración y al mismo tiempo el medio va cambiando sus propiedades químicas.

- **Fermentaciones naturales:**

Esta fermentación se realiza de forma natural, siempre y cuando se encuentre una atmosfera pobre de oxígeno y un azúcar, es por esta razón que algunas frutas toleran un proceso de maduración anaeróbica.

- **Fermentaciones específicas:**

Estas son operadas por el humano con el propósito de conseguir etanol en algunas bebidas, empleando algunos azúcares naturales de cereales, frutas o leche.

2.2.2.3. Microorganismos fermentadores en la industria de alimentos

Los microorganismos más comunes las bacterias y las levaduras. Las levaduras más habituales corresponden a los géneros *Saccharomyces*, *Candida* y *Kluyveromyces*. Las bacterias más importantes son de la clase *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* y *Acetobacter*. Todos los microorganismos utilizados pertenecen a cepas industriales. Muchas de estas cepas están modificadas genéticamente, con el fin de perfeccionar su rendimiento y agrandar las ganancias de la industria. En la mayoría de los procesos biotecnológicos de producción de alimentos los microorganismos transforman la materia prima en un proceso metabólico denominado fermentación. (s.f)

2.2.2.4. Factores que influyen en el proceso fermentativo

Según Escudero, D. (2015) afirma que: “Los factores que influyen en la fermentación son los siguientes”:

- **Grados Brix:**

El mosto para la fermentación debe estar con un ° Brix de 12 a 22, por el contrario, si su °Brix es muy bajo, se obtendrá un bajo rendimiento de grado alcohólico y si pasa de 22 la

fermentación no se dará, ya que la presión osmótica que se ejerce sobre las levaduras es grande y no permite que actúen, esta unidad se expresa en % p/v de sacarosa. (Escudero, 2015)

- **pH:**

El pH debe mantenerse entre 3.0 y 5.0, ya que las levaduras actúan mejor en medios ácidos y estas deberán ser ajustadas este requerimiento al mosto.

- **Temperatura:**

La temperatura óptima para que se produzca la fermentación deber estar entre 24 y 35°C siendo 34°C la más factible, si es baja su temperatura el proceso será mucho más lento y si sobrepasa disminuyen la acción de las levaduras y si pasa por los 40°C su fermentación puede detenerse debido a la inhibición de las levaduras.

- **Nutrientes:**

El fósforo y el nitrógeno son los nutrientes más importantes, por el cual se debe utilizar el fosfato de amonio que es suministro del fósforo y la urea del nitrógeno, se utiliza estos nutrientes ya que la levadura necesita alimentarse para poder trabajar y sea eficiente en su fermentación.

- **Concentración de etanol:**

Al finalizar la fermentación un alcohol debe estar entre 6 y 12 % de alcohol, luego este debe ser rectificado, es decir realizar una dilución para aumentar su grado alcohólico, es importante conocer la resistencia de las levaduras a las concentraciones de etanol, las *Saccharomyces* toleran hasta un 20% de concentración en volumen.

- **Contacto con el aire:**

Es importante este proceso por el cual, si el mosto está en contacto con el aire, producirá una contaminación y detendrá el proceso fermentativo.

2.2.3. Vodka

Según INEN 369 (2016) afirma que “Es la bebida alcohólica obtenida mediante la hidratación de alcohol etílico rectificado extraneutro, proveniente de productos naturales y tratado por un método conveniente, de manera que quede sin carácter, aroma o gusto distintivo.

2.2.3.1. Elaboración de vodka

En la elaboración de Vodka primeramente se trituran los granos transformando en harina, luego se añade agua y se realiza la mezcla bajo presión, en este proceso el almidón contenido en los granos se convierte en un gel y luego en azúcar, que bajo el producto de la levadura se transforma en alcohol al fermentarse, la cual dura 40 horas produciendo una fuerte bebida al 90% que es destilada. (Enriquez, 2022).

Después del transcurso de destilación es realizado en un sistema de destilación en alambiques, el primer alambique de alcohol se separa de la brasa, el alcohol junto a otros vapores sube a la parte superior del alambique y con el segundo alambique el alcohol agranda su fuerza concentrada. La cantidad de destilaciones depende de la calidad del Vodka. Luego de ello pasa a filtración para eliminar las impurezas, y por último es la dilución de la bebida final de la mezcla contiene 96% de alcohol y necesita de sabor y olor más allá del etanol. (Enriquez, 2022)

2.2.3.2. Contenido alcohólico étílico del vodka

El contenido de alcohol étílico entre el volumen de alcohol étílico (etanol) templado en una mezcla hidroalcohólica, calculado a temperatura de 20°C y el volumen total de la mezcla calculada medida a la misma temperatura, y expresada en fracción volumétrica (%).

2.2.3.3. Requisitos físicos y químicos para el vodka

De acuerdo con la INEN 369 (2016) afirma que “El vodka debe tener un aspecto transparente, sin colorantes, ni saborizantes, además se debe utilizar agua potable según como lo rige la norma NTE INEN 1108”. El vodka debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 1.

Tabla 1. Requisitos y químicos para el vodka

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Alcohol, fracción volumétrica	%	37,5	-	NTE INEN 340
Furfural	mg/100cm ³ (*)		1,5	NTE INEN 2014
Metanol	mg/100cm ³ (*)		0,0	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores	mg/100cm ³ (*)		0,7	NTE INEN2014

El volumen de 100cm³ () corresponde al alcohol absoluto.

**Alcoholes superiores comprenden_ isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico, amílico

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 369: 2016)

2.2.4. Oca (*Oxalis tuberosa*)

La oca es el segundo tubérculo más cultivado después de la papa. Es resistente de a las heladas y robusto, sus tubérculos son cilíndricos y largos, con un color blanco hasta llegar al morado oscuro. Este es rico en proteínas siendo fuente de fibra y alto en antioxidante. Su alto rendimiento y sabor lo hace popular en la cocina andina donde se realiza tradicionalmente en sopas o guisos. Este también es consumido en horneado, frito o asado y por lo general lo dejan al sol para que adquiera más dulzor al momento de su preparación. (Donoso, C y Villegas, E, 2018)



Figura 2. Planta de oca (*Oxalis tuberosa*)

Fuente: (Donoso, C y Villegas, E, 2018) [Haga clic aquí para escribir texto.](#)

2.2.4.1. Taxonomía de la oca

Antes de la llegada de los españoles la oca fue una fuente de alimentación muy importante, por los indígenas fue denominada un manjar dulce de los Andes. Es conocida con diferentes nombres en otros países como por ejemplo en Chile le llaman apilla, timbo, quiba, etc. (Donoso y Villegas, 2018)

La clasificación científica de la oca (*Oxalis tuberosa*) se muestra a continuación en la tabla 2:

Tabla 2. Clasificación de la taxonomía de la oca

Clasificación científica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Geraniales
Familia	Oxalidaceae
Genero	Oxalis
Especie	Tuberosa
Nombre vulgar	“Oca”

Fuente: Donoso, C. y Villegas, E (2018).

2.2.4.2. Variedades de oca

Según Ambuludi, M. (2014) afirma “se conoce tres formas de oca, que se muestra a continuación:

- Albas: Son aquellas de color blanco
- Flavas: Tienen tonos amarillentos claros, amarillo intenso y anaranjadas.
- Roseo violáceas: Son de colores rosa claro y violeta oscuro.

La forma que presentan los tubérculos como la oca, pueden ser ovoides, claviformes y cilíndricas como se muestra en la Figura 3.

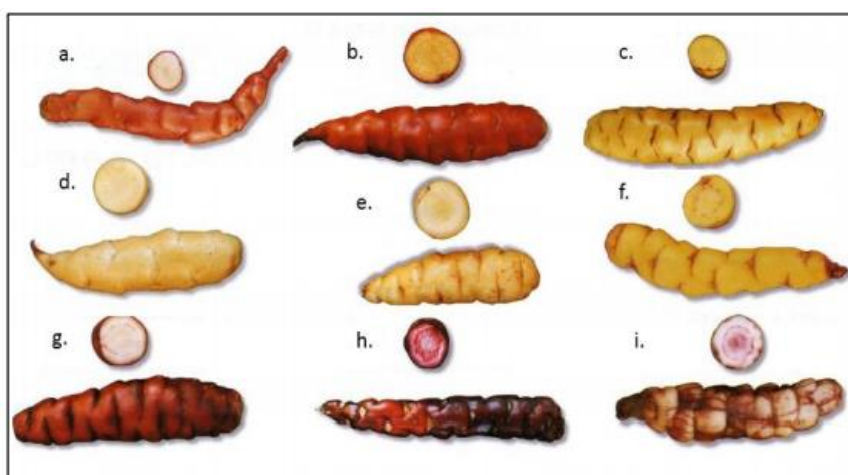


Figura 3. Variedades de oca existentes

Fuente: Apaza, B. (2018)

Según el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIAP, en su investigación realizada en el año 1992- 2002, clasifica a la oca en cuatro variedades, en donde sus tallos cambian de

color, el color de las plantas es verde, sus flores son naranja amarillento y sus tubérculos tienen tonos que van desde un color blanco hasta un color púrpura. (Miranda, 2013)

2.2.4.3. Producción en el Ecuador

En el Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria se pueden encontrar más de 120 tipos de ocas, en las que se clasifican en tres grupos teniendo en cuenta sus características como es su color, forma y tamaño, se encuentran identificadas con un código los cuales son designados por los Técnicos del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos. Debido a la codificación que tienen se determina que la oca blanca, roja y amarilla que poseen pecas rojas son las más buscadas y favoritas por los consumidores. Se determinó que las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Cañar y Tungurahua son las zonas de producción de oca en el Ecuador, las cuales son ocupadas unas 6.000 hectáreas para realizar su cultivo. (Donoso, C y Villegas, E, 2018)

La oca es consumida y producida por los hogares andinos, la cual es servida en sus mesas u obsequiada a los familiares más cercanos o los que se marcharon a otras ciudades, una de las variedades que consumen dentro de sus hogares es la oca rosada la cual se cultiva en pequeñas cantidades para el consumo familiar. Se puede concluir que este tubérculo se lo considera excluido ya que se lo ha idealizado como un alimento el cual es consumido en hogares o por personas pobres o del campo, debido a que las personas tienen este pensamiento ilógico de la oca ya que su producción y comercialización disminuyó permitiendo así poder brindar un valor agregado a este tubérculo sin tener en cuenta sus. (Donoso, C y Villegas, E, 2018)

Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP, 2010) afirma que la comercialización de la oca se encuentra en la parte andina de América como lo es Bolivia, Perú y Ecuador, debido a su limitada producción este tubérculo no es exportado a otros países. En Ecuador su producción es mínima ya que son pocas las provincias que la cultivan y a medida que pasa el tiempo es complicado encontrar este tubérculo en los mercados, se puede conseguir en mercados pequeños de los campesinos y para encontrar en las ciudades grandes lo hacen bajo pedido o encargo a los vendedores de las afueras de la ciudad, lo que a medida del tiempo hace que este tubérculo sea desconocido para las personas de la nueva generación.

2.2.4.4 Composición química de la oca

La oca puede ser consumida en fresco, fruta, en ensaladas, horneadas, sancochadas, fermentadas y procesadas como puede ser en mermeladas, encurtidas y en harinas, teniendo en cuenta su debida maduración, la cual es expuesta al sol para que esta adquiera más dulzor.

La oca es rica fuente de carbohidratos, calcio, fósforo y hierro entre otros, por cada 100g como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3. Composición química de la oca

Composición química	Contenido químico por cada 100 (g) comestible fresco
Humedad (%)	83.80
Proteínas (g)	1.0
Grasas (g)	0.6
Carbohidratos (g)	13.8
Fibras (g)	0.8
Cenizas (g)	0.8
Calcio (g)	4.0
Hierro (g)	0.8
Fosforo (g)	34.0
Tiamina (g)	0.05
Riboflavina (g)	0.07
Niacina (g)	0.4
Ac. Ascórbico (mg)	37.00

Fuente: (Donoso, C y Villegas, E, 2018)

2.2.4.5. Composición nutricional de la oca

La oca es una gran fuente de carbohidratos, vitaminas y energía, tiene un contenido de proteína bajo y no contiene grasa, el contenido nutricional de cada 100g de parte comestible se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4. Contenido nutricional de la oca

Composición	Oca fresca	Oca Asoleada
Humedad	82,4 g	66,9g
Calorías	67,0g	128 g
Proteínas	0,70 g	1,1 g
Grasas	0,00 g	0,1 g
Carbohidratos totales	16,1 g	30.8 g
Fibra	0,50 g	1,00 g
Calcio	5,00 mg	7,0 mg
Fósforo	39,0 mg	64,0 mg

Composición	Oca fresca	Oca Asoleada
Hierro	0,90 mg	1,30 mg
Caroteno	0,02 mg	0,05 mg
Tiamina	0,07 mg	0,09 mg
Riboflavina	0,03 mg	0,05 mg
Niacina	0,42 mg	1,03 mg
Ácido Ascórbico	37,0 mg	33,0 mg

Fuente: Revisión técnica sobre cultivos de R y T Andinos, MAG (2012)

Como se puede observar en la tabla 4 se encuentran vitaminas y minerales las cuales se explicará la importancia que tienen al ser consumidas. (Carrera, 2013)

- Calcio: Se encarga de formar los huesos y los dientes los cuales necesitan de la luz solar y de vitamina D para que se asimilen, también interviene en la coagulación de la sangre y ayudan a regular las enzimas.
- Fósforo: Es esencial para todas las células, ayuda a los distintos procesos metabólicos, a la producción de energía y la función renal, de igual forma a los huesos les brinda firmeza y fortalecimiento.
- Hierro: Suministra oxígeno a en las distintas células y al ser combinado con las proteínas forman la hemoglobina.
- Caroteno: Es un antioxidante natural, conserva sana el cabello, las uñas, la piel y ayuda a tener una buena vista de igual forma disminuye los triglicéridos.
- Riboflavina (B2): Interviene en los distintos procesos enzimáticos, de igual forma ayuda a que se realice la síntesis de ácidos grasos y es relacionada con la respiración celular.
- Niacina (B3): Estima la circulación, colabora con el metabolismo en el sistema digestivo.
- Ácido Ascórbico: Es un antioxidante, ayuda al sistema inmunológico, permite absorber el hierro.

2.2.4.6. Condiciones postcosecha

Según (Espinosa,P. Vaca, R. y Abad, J, 1996), afirma que la postcosecha de este tubérculo (oca) se realiza una vez cosechados los tubérculos se selecciona de acuerdo a su color, tamaño y maduración, se los aparta de aquellos que se dejaran para utilizarse como semilla, de igual forma aquellos que estén golpeadas, rayadas se separan para alimentación animal, después de este proceso los tubérculos ya seleccionados se los guarda en distintas talegas para sacarlos a comercializar ya sea los mercados o compradores que requieran de este tubérculo fresco.

2.2.5. Almidón

Según Pelate, E. (2013) afirma que el almidón está formado por distintos granos esféricos que se observan mediante un microscopio, el cual permite que se diferencien entre varias especies. Se puede determinar que el almidón está compuesto por dos polímeros distintos, ambos de glucosa, amilosa y la amilopectina. Se hallan en semillas, en tubérculos, raíces, en otras partes en donde la planta almacena energía, los alimentos como los cereales pueden contener hasta un 70%.

El almidón bajo luz polarizada se puede presentar el bosquejo típico de la “Cruz de Malta” de igual forma presenta una estructura cristalina la cual es responsable la amilopectina ya que por ellas se forman Puentes de hidrógeno entre las ramificaciones ofreciendo una estructura estable considerándola como cristalina. La amilopectina es la parte insoluble mientras que la amilosa es la parte soluble. El almidón también de ser adquirido y consumido como tal se le puede someter a una gran variedad de procedimientos de transformación que cambian sus propiedades funcionales y se convierte en estabilizantes, emulgentes y gelificantes, conserva su valor alimenticio, por lo que se convierte en un producto de gran valor para la industria alimentaria. (Palate, 2013)

2.2.5.1. Propiedades funciones del almidón

Los almidones poseen propiedades funcionales muy importantes, tanto para la industria como para su extracción, que deben ser tomadas en cuenta. Se hace una comparación de las diferentes propiedades funcionales de algunos almidones utilizados a nivel industrias. (Guadron, 2013)

- Son neutros.
- Difícil de disolver en agua fría.
- En agua caliente forman pastas y geles.
- Generan fuente de energía de reserva en plantas y en la nutrición.
- Se encuentran en semillas y tubérculos en forma de gránulos.
- Se usan como espesantes.
- Se utilizan en postres sus geles.
- Se pueden modificar en azúcares y/o ácidos gracias a sus geles.
- Ayudan a aumentar la estabilidad.
- Ayuda a mejorar las características de los alimentos.

2.2.5.2. Gelatinización del almidón

Según Carrión, L. (2018) determina a la gelatinización una causa en donde los gránulos de almidón en agua fría son insolubles gracias a su estructura que es altamente organizadas, se calientan a una temperatura de 60 a 70 °C en el cual empieza un proceso lento en el cual absorbe agua en las zonas intermicelares imperfectas que son menos organizadas y son las más sensibles que se encuentran. Con el incremento de temperatura se logra retener más agua, causado que el grano empiece a hincharse y aumentar su volumen, cuando este llegue a una cierta temperatura se puede observar que los gránulos llegan a su volumen grande y pierde su esquema de difracción de los rayos X como la birrefringencia.

La gelatinización tiene un rango de temperatura el cual permite que se haga el hinchamiento de todos los gránulos y es propio de la variedad particular del almidón que se esté investigando. En el incremento de los gránulos se encuentra una extracción de amilosa, esta es liberada quedando en dispersión coloidal en donde los gránulos que se encuentran intactos o perfectos están en suspensión, se debe tener en cuenta que si se continúa mandando calor a los gránulos hinchados, se romperán parcialmente la amilosa y amilopectina logrando dispersarse en la disolución, al final se generar una pasta o un gel en el cual existen cadenas de amilosa altamente desleídas que rodean a los agregados, también hidratados de los restos de los gránulos (Carrion, 2018).

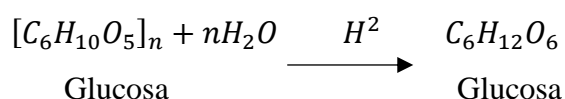
2.2.6. Hidrólisis

La hidrolisis es aquella reacción química en la cual las moléculas de agua (H_2O) se dividen en sus átomos componentes como el hidrogeno y el oxígeno, en el proceso de la hidrolisis las moléculas de agua pasan a formar parte de los enlaces químicos con la sustancia que reacciona con el agua, el disolvente más usado en la hidrolisis es el agua. El nombre específico de esta reacción proviene de los vocablos griegos hydro (“agua”) y lysis (“ruptura”), de donde se desprende que es una forma de ruptura de una molécula determinada de soluto, cuando la hace reaccionar con agua. Industrialmente la hidrólisis es realizada por métodos enzimáticos o soluciones de ácido en donde se pueden utilizar el ácido clorhídrico o sulfúrico, aplicado calor y así ayudar a facilitar el rompimiento de los enlaces glucosídicos. (Raffino, 2021)

2.2.6.1. Hidrólisis de ácida

Según García, C. y Salmerón, L. (2016). determinan que la hidrólisis ácida consiste en un tratamiento en el cual se utilizan ácidos utilizando el almidón, estos se encargan de romper las

cadena corta de dextrinas que contiene el almidón, se le reconoce como grado de degradación y el mismo va a depender de las concentraciones de ácidos, de las temperaturas y el tiempo en el cual se vaya a llevar a cabo la hidrólisis. El peso molecular y la viscosidad de los productos disminuye y el poder reductos aumenta esto se debe a la actuación del ácido en el transcurso del tiempo; teniendo en cuenta que las temperaturas menores a 160°C proveen una adecuada hidrólisis con una reducción de azúcares; los ácidos más utilizados son el ácido clorhídrico y el sulfúrico.



La hidrólisis ácida de biomasa lignocelulósica pueden ser una mejora para obtener azúcares fermentable, los ácidos como H_3PO_4 , H_2SO_4 , y HCl se han utilizados para el tratamiento de materiales lignocelulósicos, se debe tener en cuenta las concentraciones a utilizarse y las temperaturas son variables. De este proceso, se obtiene una porción líquida, la cual es rica en azúcares fermentables y una porción sólida que está conformada principalmente de celulosa y lignina. En la disolución de hemicelulosa el uso de ácido es eficiente, en especial el xilano. Aunque son poderosos agentes para hidrólisis de la celulosa, estos ácidos concentrados son tóxicos, corrosivos, peligrosos y requieren de procesos resistentes a la corrosión, lo que provoca un encarecimiento de costes. (Morales, 2015)

El sulfúricos y clorhídrico, en soluciones concentradas son muy positivos para tratar los residuos lignocelulósicos, pero a su vez son peligrosos y deben utilizar lo adecuado hacer un proceso rentable y así proteger el medio ambiente. La utilización se la debe hacer a bajas temperaturas para que se generar en las fibras altas transformaciones para obtener sus azúcares individuales, por ello es más efectivo utilizar disoluciones diluidas y altas temperaturas. (Romero, 2013)

2.2.6.1.1. Ácido cítrico

De acuerdo con Serrano, M. (2019) afirma que el ácido cítrico es un ácido orgánico tricarbónico, figura 3, cuya fórmula química $C_6H_8O_7$, su nombre IUPAC es ácido 2-hidroxi-1.2.3-propanotricarbónico y tiene un peso molecular de 192.12 g/mol. En su forma industrial es un polvo cristalino, blanco, inodoro y con sabor ácido fuerte.

Contiene tres grupos carboxílicos, se tienen en cuenta que presenta tres valores distintos de pKa en un pH de: 3.1, 4.7 y 6.4, en la mayoría de los frutos cítricos se encuentra presente y en el centro del metabolismo glucídico, teniendo como función generar energía en forma de ATP en unión con la fosforilación oxidativa durante el metabolismo aeróbico de carbohidratos y crear precursores de otros ciclos biosintéticos como aminoácidos. (Serrano, 2019)

Gracias a las propiedades fisicoquímicas y la presencia que tienen en el medio ambiente se ha utilizado en la industria desde el siglo 19, se comprueba que la obtención de este ácido se hace mediante la extracción de frutos cítricos o fuentes sintéticas. (Álvarez, 2017)

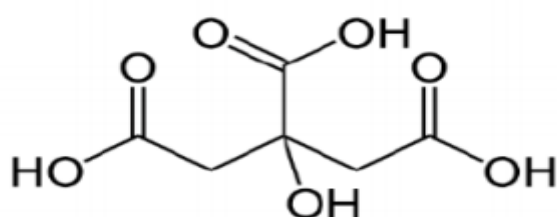


Figura 4. Fórmula estructural del ácido cítrico

Fuente: Álvarez, J. (2015)

2.2.6.1.1.1. Uso del ácido cítrico en la industria alimentaria

Según Álvarez, J. (2015) el ácido cítrico es muy utilizado debido a que no tienen un riesgo alto hacia el ser humano ni el ambiente, teniendo en cuenta que es un ácido débil, es empleado en la industria como aditivo variable e inocuo en distintos alimentos. Se le reconoce con el código de ingrediente para alimentos E330 dentro de la Unión Europea.

2.2.6.1.2. Ácido sulfúrico

Según Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 1881 (1992), es un líquido aceitoso, cuya fórmula química es H₂SO₄, es incoloro a gris muy claro, olor pungente y soluble en agua en todas las proporciones.

Según Benavides, I. y Pozo, M. (2018) es corrosivo, tiene viscosidad, es incoloro y con una tiene una densidad relativa de 1.85, su punto de fusión es de 10.36°C, se genera la ebullición de 340°C y es soluble en agua en cualquier proporción. Se debe considerar que el ácido concentrado destruye la piel y la carne, y puede causar daños en la vista, al ácido sulfúrico se ha comercializado durante muchos años.

2.2.6.1.2.1. Uso del ácido sulfúrico en la industria alimentaria

Según González, M. (2017) los usos del ácido sulfúrico son tan variados que el volumen de su producción proporciona un índice aproximado de la actividad general industrial. El ácido sulfúrico cuando es altamente diluido es un agente acidificante aprobado y está permitido como aditivo alimentario en Europa con el número E513.

Los productores utilizan el efecto de descomposición del ácido que, en su forma concentrada, puede descomponer proteínas e hidratos de carbono. Estas propiedades son necesarias para la producción de almidón modificado y proteínas de lactosuero especiales, que se requieren en los productos de desarrollo muscular (González, M, 2017).

2.2.6.2. Hidrólisis enzimática

Se entiende por hidrólisis enzimática la hidrólisis que se produce mediante un grupo de enzimas llamadas hidrolasas. Estas enzimas ejercen un efecto catalítico hidrolizante, es decir, producen la ruptura de enlaces por agua. Para la hidrólisis del almidón se usa la α -amilasa lo que le hace idea para la primera etapa de la hidrólisis de la suspensión del almidón que tienen que ser llevadas a las temperaturas de (70 - 80) °C para el rompimiento de estos gránulos de almidón provenientes de un tubérculo (Sánchez S. , 2019)

2.2.6.2.1. Enzimas

Una enzima es una proteína que actúa como catalizador biológico, llevando a cabo reacciones químicas a muy altas velocidades, no se consume durante la reacción y en general presenta un alto grado de especificidad. La temperatura juega un papel muy importante en la acción de las enzimas, por lo que si son sometidas a temperaturas altas estas se desnaturalizan quedando inactivadas, por otro lado, si se encuentran a temperaturas bajas reducen su actividad. En el campo alimentario las enzimas ocupan un lugar importante, debido a que la fermentación y otros procesos industriales depende de la acción de estas. (Ordóñez, L. 2022)

2.2.6.2.2. Clasificación de las enzimas

Benavides, I y Pozo, M. (2008) el nombre de las enzimas es el del sustrato + el sufijo: -asa. Los nombres de las enzimas revelan la especificidad de su función:

- Oxido-reductasas: catalizan reacciones de oxido-reducción, las que implican la ganancia (o reducción) o pérdida de electrones (u oxidación), las más importantes son las deshidrogenasas y las oxidasas.
- Transferasas: transfieren grupos funcionales de una molécula a otra, ej: quinasas; transfieren fosfatos del ATP a otra molécula.
- Hidrolasas: rompen varios tipos de enlaces introduciendo radicales $-H$ y $-OH$.
- Liasas: adicionan grupos funcionales a los dobles enlaces.
- Isomerasas: convierten los sustratos isómeros unos en otros.
- Ligasas o Sintetas: forman diversos tipos de enlaces aprovechando la energía de la ruptura del ATP ej.: polimerasas

2.2.7. Levaduras

Las levaduras son hongos que se forman sobre los medios de cultivo colonias pastosas, constituidas en su mayor parte por células aisladas que suelen ser esféricas, ovoideas, elipsoides o alargadas. Las dimensiones pueden oscilar de 1 a 9 μm de ancho y 2 a más de 20 μm de longitud según la especie, nutrición, edad y otros factores. (García, C. y Salmerón, L, 2016)

Hay dos clases de hongos a los que pertenecen las levaduras como son ascomicetos o basidiomicetos, aunque la mayoría se presentan comúnmente en la forma imperfecta. Las levaduras ascomicéticas se les conoce porque forman ascas libres, con 1 a 8 ascosporas, y en las especies hifales las ascas están desnudas. Las ascosporas de las levaduras se consideran aquellas que son más resistentes al calor y la desecación, están tienen menor resistencia térmica a comparación de las esporas bacterianas, por lo que mantienen la viabilidad de la especie durante los cambios adversos del medio ambiente (García, C. y Salmerón, L, 2016).

2.2.7.1. Levadura de genero *Saccharomyces cerevisiae*

De acuerdo Espinosa, P. Vaca, R. y Abad, J. (1996). extracto de levadura es un ingrediente 100% natural que contiene aminoácidos, nucleótidos y péptidos, es obtenida de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, extraídos por métodos físicos, gracias a su composición tiene propiedades saborizantes, que permite actuar como potenciador de sabor, ayudando a encubrir sabores pocos agradables.

Es una levadura heterótrofa, la cual obtiene energía a partir de la glucosa y brinda una elevada capacidad fermentativa. Puede aislarse con facilidad en plantas y tierra, el uso más extendido

está enmarcado en la panificación y en las industrias de fabricación de cerveza, vinos y alcohol (Espinosa, P. Vaca, R. y Abad, J, 1996).

2.2.8. Destilación

La destilación es uno de los procesos naturales que utilizan la temperatura para separar de un líquido uno o más componentes que están juntos, la destilación es utilizada en la industria que refina el petróleo, para desalinizar agua, es utilizada en las industrias de bebidas alcohólicas como son en cervezas, vinos y licores. (Apaza, 2018)

2.2.8.1. Destilación simple por arrastre de vapor

Este método de destilación es el más usado normalmente en los laboratorios que no trabajan con reflujo, dirigiendo los vapores generados hasta un condensador. Esta operación se realiza calentado la muestra líquida inicial hasta que llegue al punto de ebullición, luego se retira generando vapores mucho más pobres en componentes volátiles y su temperatura aumentará continuamente. (Arévalo, 2011, pp 30)

2.2.8.2. Partes de un destilador.

La destilación puede ser de forma sencilla donde los vapores producidos son inmediatamente canalizados hacia un condensador, el cual lo refresca y condensa de modo que el destilado no resulta puro. Su composición será idéntica a la composición de los vapores a la presión y temperatura dado, como se logra observar en figura 5 (Ambuludi, M., 2014).

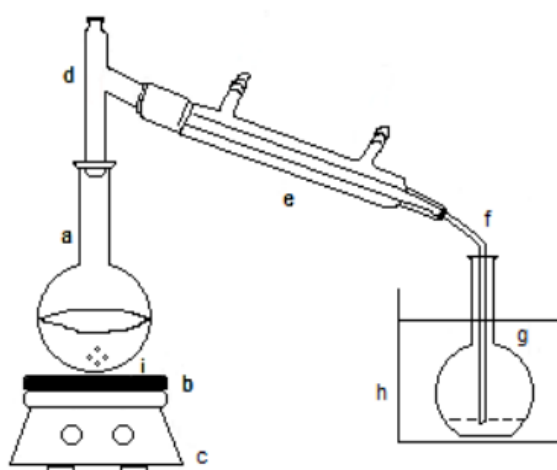


Figura 5. Aparato de destilación

Tomado de: INEN 339.

- **Quemador:** Se encarga de proporcionar el calor al mosto a destilar.
- **Retorta o matraz de fondo redondo:** Es el que tendrá la solución y para evitar sobresaltos debido al sobrecalentamiento se recomienda que tenga pequeños trozos de material poroso.
- **Cabeza de destilación:** Esta no se utiliza siempre y cuando si la retorta no tiene una tubuladura lateral.
- **Termómetro:** Se utiliza para controlar la temperatura teniendo en cuenta que el bulbo debe ser ubicado a la misma altura de la salida del refrigerante, será necesario un tapón de goma para sostener el termómetro y así evitar que exista escape de gases (muy importante cuando se trabaja con líquidos inflamables).
- **Entrada de agua:** Para que el tubo se encuentre lleno de agua constantemente es necesario que el agua ingrese por el inferior.
- **Salida de agua:** Se recoge en un vaso de precipitación u otro recipiente, la salida suele conectarse la salida uno en la entrada de otro.
- **Fuente y adaptador de vacío:** En la destilación a presión atmosférica no es necesario.

2.2.8.3. Tipos de destilación

2.2.8.3.1. Destilación discontinua.

De acuerdo con Carvajal, A. (2019) los alambiques y alquitaras son utilizados desde hace mucho tiempo en la destilación discontinua haciendo que esta sea la más antigua, siempre se debe percatar que el líquido a destilar se agote, llenando el recipiente continuamente, el uso de estos equipos es de alta gama, los escoses consideran patrimonio histórico a este proceso ya que es más seguro y eficiente.

En Estados Unidos las pequeñas destilerías empiezan a utilizar los alambiques para conseguir productos de mejor calidad, teniendo en cuenta que el alcohol obtenido por este sistema es de baja graduación (Carvajal, 2019).

2.2.8.3.2. Destilación continua.

De acuerdo con Carvajal, A. (2019) no hay interrupción en el proceso de destilación, se crea un flujo que es continuo e interrumpido del líquido, se tienen en cuenta que en la destilación continua hay varios modelos de destilador, uno de los más conocidos y que brinda mejores

resultados es el de la columna de platos, en donde el vapor desciende por las columnas dando mejor rendimiento en los grados de alcohol, en donde el líquido no para de fluir y el alcohol se destila al pasar por los platos (esta técnica es conocida como destilación fraccionada).

El arrastre de vapor portugués es otro sistema versátil y profesional que se le utiliza ya que está conformado por dos o más columnas de platos unidas, el cual permite conseguir un alcohol neutro de calidad y alta graduación es utilizado en el vino de Oporto. (Carvajal, 2019)

2.2.8.4. La clasificación del alcohol por el grado

- Alcoholes de baja graduación: Esta de 40 y 70°.
- Alcoholes de media graduación: Se encuentran desde los 70 y 86°
- Alcoholes de alta graduación: están entre los 86 y 94,8°.

Para la comercialización de bebidas alcohólicas por lo general se reduce la graduación alcohólica, casi siempre comprende de unos 40 grados, aunque hay bebidas alcohólicas que tienen los grados de alcohol mucho más altos en los cuales tienen su debida norma que ayuda a justificar. Para disminuir los grados de alcohol se agrega agua la cual debe cumplir con ciertos requisitos (mineralización débil, sin cal). La mayoría de las destilerías están cerca de manantiales de agua muy pura, el agua, una vez más, es uno de los elementos principales de la calidad del producto final. (Carvajal, 2019)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El trabajo de investigación se adoptó un enfoque cuantitativo, ya que, ya que se recolecto datos en el proceso de hidrólisis, fermentación y destilación, para luego representarlos estadísticamente y contrastar la hipótesis, además se trabajó bajo un enfoque cualitativo obteniendo datos por medio de una prueba sensorial con escala hedónica de 7 puntos haciendo referencia a las características sensoriales (transparencia, sabor, olor y aceptabilidad)

3.1.2. Tipo de Investigación

Investigación experimental: Se aplicó un diseño experimental por lo que se realizó ensayos de laboratorio para la obtención de una formulación óptima, para elaborar vodka, también se logró obtener datos experimentales de variables cuantificables en donde establecerán las variables independientes (concentración de ácido cítrico y ácido sulfúrico) observando los efectos que causan en la variable dependiente (calidad de la bebida alcohólica vodka), relacionando causa-efecto.

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis afirmativa (H_1): El tipo de hidrólisis ácida influye en las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida alcohólica destilada (vodka)

Hipótesis nula (H_0): El tipo de hidrólisis ácida no influye en las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida alcohólica destilada (vodka)

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la Tabla 5, se presenta la definición y operacionalización de las variables empleadas en esta investigación, definiendo como variable dependiente la calidad de la bebida alcohólica (vodka) e independiente la concentración de ácido cítrico y el ácido sulfúrico, puntualizando los indicadores, técnicas, e instrumentos.

Tabla 5. Operacionalización de las variables

Variable	Dimensiones	Indicador	Técnica	Instrumento
V.I: Hidrólisis ácida	Concentración de ácido cítrico.	$C_6H_8O_7$ [3%, 5%, 7%]	Gravimetría	NTE INEN 1875
	Concentración de ácido sulfúrico.	(H_2SO_4) [1.5%, 2%, 2.5%]	Gravimetría	NTE INEN 1875
Tipos de almidón (ocas)	Tipo de ocas: Oca amarilla	30gr almidón de oca amarilla/ 1L		
	Oca blanca	30gr almidón de oca blanca/ 1L		
V.D. Calidad de la bebida alcohólica (vodka)	Parámetros físicos y químicos.	Alcohol, fracción volumétrica (%)	Destilación	NTE INEN 340
		Metanol ($mg/100\text{ cm}^3$)	Prueba de metanol	NTE INEN 2014
		Furfural ($mg/100\text{ cm}^3$)	Prueba de furfural	NTE INEN 2014
		Alcoholes superiores ($mg/100\text{ cm}^3$).	Prueba de alcoholes superiores	NTE INEN 2014
		pH,	Potenciometría	NTE INEN 2325
	°Brix	Refractometría	NTE INEN 273	
	Características Sensoriales.	Transparencia Sabor Olor Aceptabilidad	Prueba de escala hedónica verbal de 7 puntos	Fichas de evaluación sensorial

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

Como referencia para la formulación de extracción de almidón de oca, se consideró la investigación realizada por Mogrovejo, A. (2019) y para la elaboración una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida fue utilizada la investigación de Puertas, M. (2018).

3.4.1. Procedimiento para la extracción de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)

- **Recepción de materia prima:** Se utilizó dos variedades de oca (*Oxalis tuberosa*) como materia prima: zapallo oca (oca amarilla) y mestiza oca (oca blanca), las cuales se adquirió en la Ciudad de Tulcán en el mercado San Miguel en la Provincia del Carchi.
- **Selección y limpieza:** Se seleccionaron las ocas frescas de acuerdo con su color y se desecharon las ocas que tenían golpes o cualquier tipo de anomalías; Se lavaron de forma manual con abundante agua potable, repitiendo dos veces el mismo proceso de lavado, con la finalidad de eliminar toda impureza presente en el tubérculo que podría afectar la calidad del producto final.
- **Pesado:** Se pesaron las dos variedades de ocas ya seleccionadas, con el fin de cuantificar la materia prima que entra al proceso para determinar el rendimiento que se puede obtener de este tubérculo.
- **Troceado:** Se efectuó cortes en sentido circular aproximadamente con un diámetro de 5cm, para lo cual se empleó un cuchillo, con el fin de minimizar su tamaño para su fácil trituration en procesos posteriores
- **Licuada:** Luego del pesado de las dos variedades de oca se trituraron mediante una licuadora industrial, permitiendo la salida de las moléculas de almidón, se licuo la oca con agua por 2 minutos, este proceso se realizó para toda la cantidad de oca utilizada.

- **Primera Sedimentación:** Se dejó en reposo durante 12 horas para que el almidón sedimente y se separe del agua.
- **Filtración:** Cumplido ese tiempo se desechó lo sobrenadante pasando por filtración, lo cual se utilizó un lienzo para retener las partículas, obteniendo un jugo para su respectivo proceso de extracción de almidón.
- **Segunda sedimentación:** Se realizó la segunda sedimentación, durante 12 horas con el fin de obtener un producto de calidad.
- **Lavado:** Al terminar la operación de reposo se adicionó abundante agua y se revolvió para extraer la suciedad que se queda en el almidón, este proceso se realizó por varias ocasiones hasta obtener un almidón limpio.
- **Secado y tamizado:** El almidón que quedó en el fondo del recipiente, se lo secó al ambiente por 5 días, pasado ese tiempo se tamizó el almidón de oca con un colador.
- **Almacenado:** Se almacena en fundas zip politeno a temperatura ambiente.

En la fase de extracción de almidón de oca (*oxalis tuberosa*) se puede visualizar en la figura 6 correspondiente al diagrama de procesos, el cual se explica a continuación:

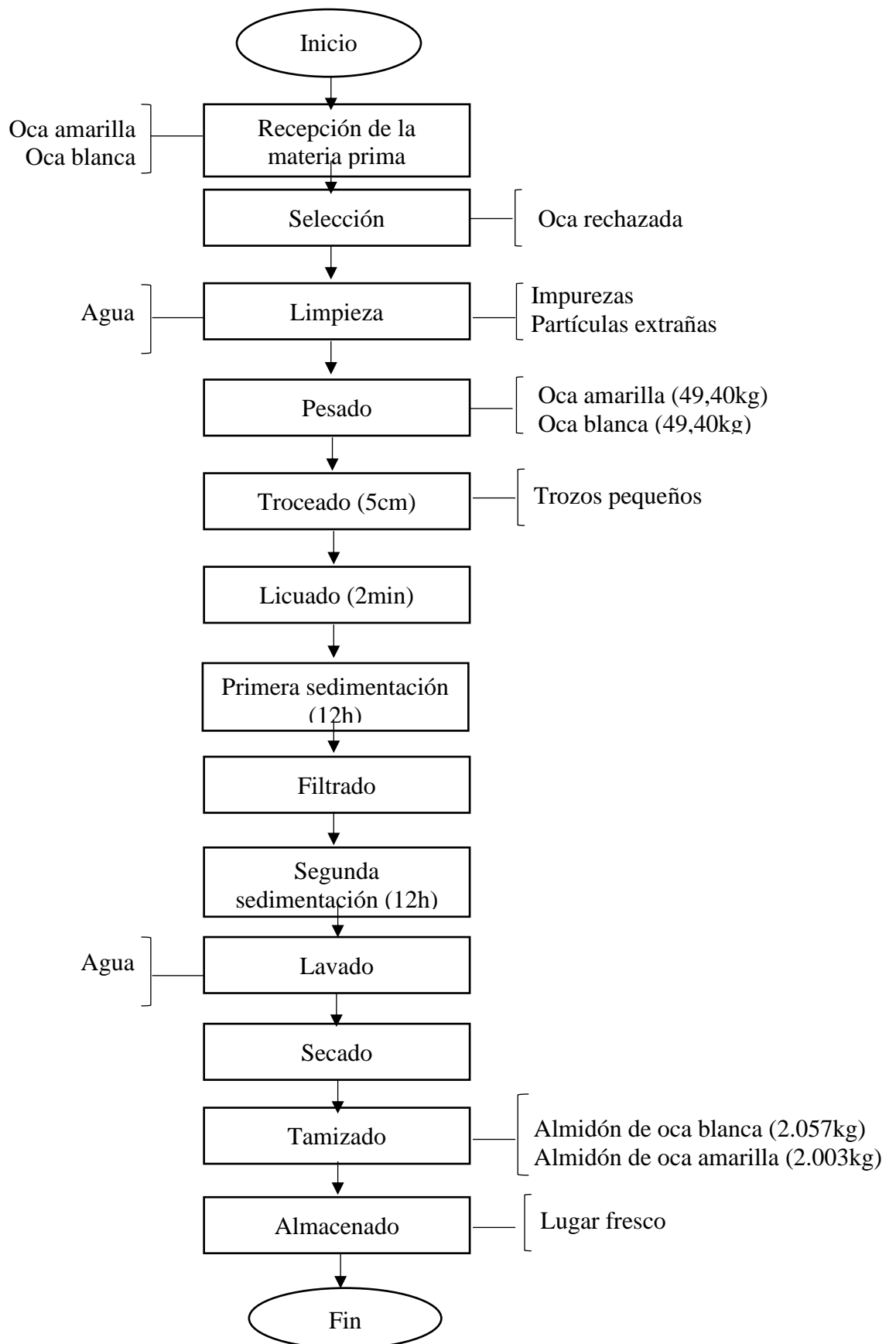


Figura 6. Diagrama de proceso de la extracción de almidón de oca

Fuente: Mogrovejo, A. (2019)

3.4.2. Proceso de hidrólisis de almidón con ácido cítrico

- **Recepción de la materia prima:** Se obtuvo la materia prima de calidad de la extracción de almidón variedades de oca como zapallo oca (oca amarilla) y mestiza oca (oca blanca)
- **Pesado:** Se realizó esta operación para precisar los pesos de la materia prima de las formulaciones para los diferentes tratamientos. En este proceso se tomó 250 mL de agua purificada con 30 gr de almidón y con diferentes concentraciones de ácido cítrico en solución de 3%,5% y 7%
- **Hidrólisis:** La solución ya preparada paso a un balón de fondo plano de 500mL por calor utilizando una estufa por 6 horas a una temperatura 140 °C. Después de transcurrir el tiempo se procedió a realizar la prueba de yodo, colocando 3 gotas de Lugol a los diferentes tratamientos verificando si existe o no presencia de almidón mediante el cambio de color, en el cual no hubo cambios de color, es decir se terminó el proceso de hidrólisis y se obtuvo una solución hidrolizada.
- **Filtración:** La solución hidrolizada se filtró utilizando papel de filtro, dejando residuos restantes que no afecten al producto final.
- **Medición:** Después de obtener la solución ya filtrada se midió los siguientes parámetros como: sólidos solubles (°Brix), el cual debe estar entre 12 a 20 °Brix y se ajustó su pH hasta llegar a 4,5 con una solución de hidróxido de sodio al 0.01N al mosto de las diferentes formulaciones.
- **Inoculación:** Se agregó en un 1gr de levadura *Saccharomyces cerevisiae* ya activada para 3 litros de solución, y una pisco de nutrientes como la urea y el fosfato de amonio alimentando a la levadura para que trabaje y sea eficiente en su fermentación
- **Fermentación:** Se traspaso el mosto de las diferentes formulaciones a fermentadores de 5 Litros, agitando energéticamente el fermentador para que el mosto se oxigene y la

levadura pueda trabajar mejor. La fermentación se llevó a cabo durante 10 días a una temperatura de 35°C.

- **Destilación:** Luego de los 10 días transcurridos, a una temperatura de 85°C los 3 litros de mosto pasaron a la primera destilación, sacando cabezas, cuerpos y colas, obteniendo un grado alcohólico de 5 a 10° GL, después realizando el mismo proceso se procedió a la segunda destilación obteniendo un grado de alcohol de 40 a 50 %v/v. de los diferentes tratamientos
- **Dilución:** Una vez obtenido el producto destilado, se midió el grado alcohólico con un alcoholímetro para realizar la dilución correspondiente con agua desmineralizada, hasta que se obtuvo un valor de 40°GL
- **Embotellado y almacenado:** Se trasvaso la bebida alcohólica (Vodka) en botellas transparentes de 750mL esterilizadas y se almaceno a temperatura ambiente.

En la Figura 7, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida con ácido cítrico.

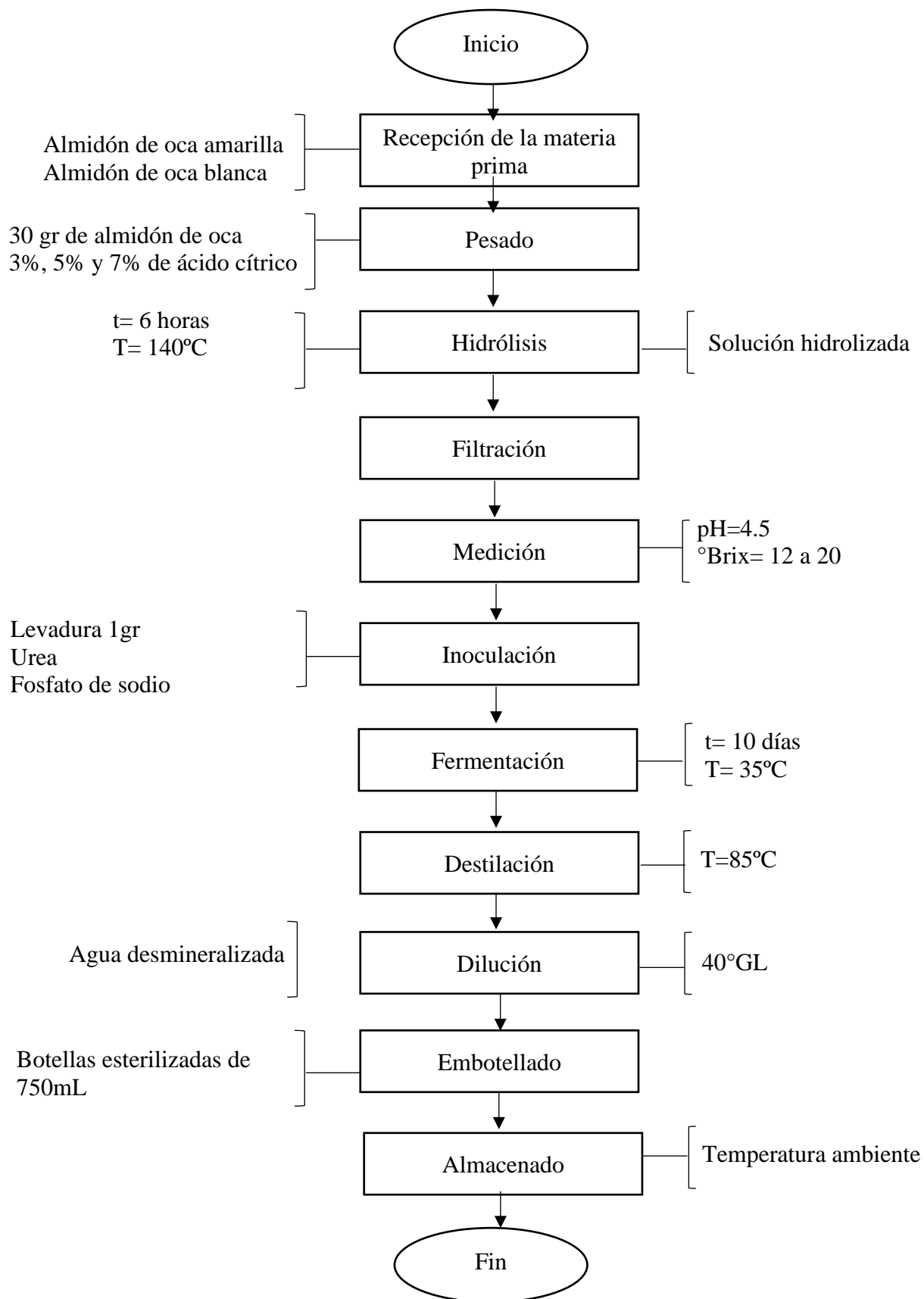


Figura 7. Diagrama de proceso de hidrólisis de almidón con ácido cítrico.

Fuente: Puertas, M. (2018).

3.4.3. Proceso de hidrólisis de almidón con ácido sulfúrico

- **Recepción de la materia prima:** Se obtuvo la materia prima de calidad de la extracción de almidón variedades de oca como zapallo oca (oca amarilla) y mestiza oca (oca blanca)
- **Pesado:** Se realizó esta operación para precisar los pesos de la materia prima de las formulaciones para los diferentes tratamientos. En este proceso se tomó 250 mL de agua purificada con 30 gr de almidón y con diferentes concentraciones de ácido sulfúrico en solución de 1,5%, 2%, 2,5%.
- **Hidrólisis:** La solución ya preparada paso a un balón de fondo plano de 500mL por calor utilizando una estufa por 6 horas a una temperatura de 140°C. Después de transcurrir el tiempo se procedió a realizar la prueba de yodo, colocando 3 gotas de Lugol a los diferentes tratamientos verificando si existe o no presencia de almidón mediante el cambio de color, en el cual no hubo cambios de color, es decir se terminó el proceso de hidrólisis y se obtuvo una solución hidrolizada.
- **Filtración:** La solución hidrolizada se filtró utilizando papel de filtro, dejando residuos restantes que no afecten al producto final.
- **Medición:** Después de obtener la solución ya filtrada se midió los siguientes parámetros como: sólidos solubles (°Brix), el cual debe estar entre 12 a 20 °Brix y se ajustó su pH hasta llegar a 4,5 con una solución de hidróxido de sodio al 0.01N al mosto de las diferentes formulaciones.
- **Inoculación:** Se agregó en un 1gr de levadura *Saccharomyces cerevisiae* ya activada para 3 litros de solución, y una pisca de nutrientes como la urea y el fosfato de amonio alimentando a la levadura para que trabaje y sea eficiente en su fermentación
- **Fermentación:** Se traspaso el mosto de las diferentes formulaciones a fermentadores de 5 Litros, agitando energéticamente el fermentador para que el mosto se oxigene y la

levadura pueda trabajar mejor. La fermentación se llevó a cabo durante 10 días a una temperatura de 35°C.

- **Destilación:** Luego de los 10 días transcurridos, a una temperatura de 85°C los 3 litros de mosto pasaron a la primera destilación, sacando cabezas, cuerpos y colas, obteniendo un grado alcohólico de 5 a 10° GL, después realizando el mismo proceso se procedió a la segunda destilación obteniendo un grado de alcohol de 50-54 % v/v. de los diferentes tratamientos.
- **Dilución:** Una vez obtenido el producto destilado, se midió el grado alcohólico con un alcoholímetro para realizar la dilución correspondiente con agua desmineralizada, hasta que se obtuvo un valor de 40°GL
- **Embotellado y almacenado:** Se trasvaso la bebida alcohólica (Vodka) en botellas transparentes de 750mL esterilizadas y se almaceno a temperatura ambiente.

En la Figura 8, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida con ácido sulfúrico.

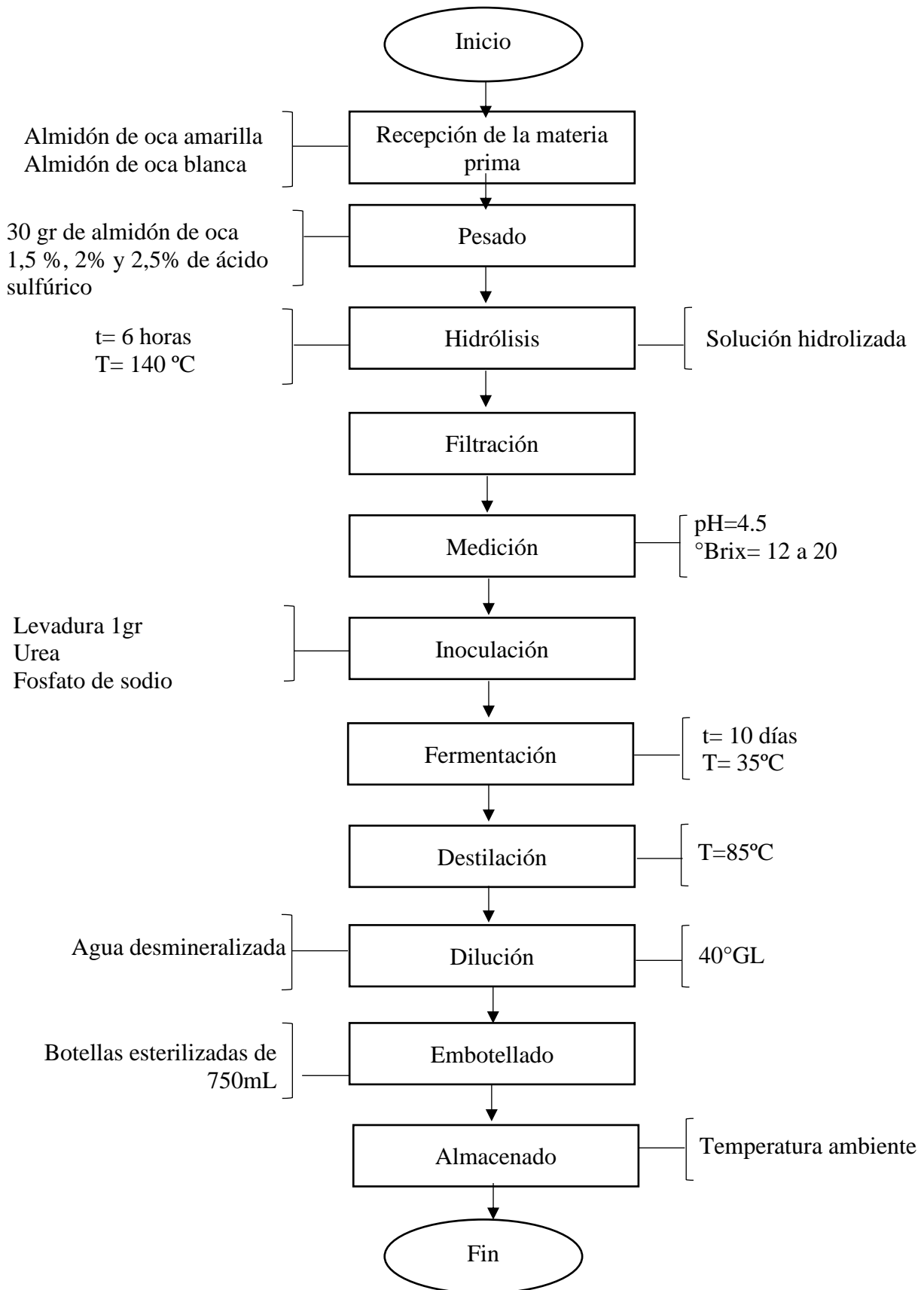


Figura 8. Diagrama de proceso de hidrólisis de almidón con ácido sulfúrico

Fuente: Puertas, M. (2018).

3.4.4 Análisis Físicos y Químicos

3.4.4.1. Determinación de rendimiento de almidón

Para determinar el rendimiento de almidón se realizó mediante la metodología realizada por Benavides, I. y Pozo, M. (2018) empleando la siguiente fórmula.

$$\% R = \frac{PA}{PM} X 100$$

Donde:

PA=Peso de almidón

PM= peso de la materia prima

R= rendimiento

3.4.4.2. Hidrólisis ácida: se realiza mediante prueba de yodo

Esta prueba se la realiza para detectar la presencia de almidón en el proceso de hidrólisis mediante la acción hidrolítica de los ácidos afirma Puertas, M. (2018). En este procedimiento se preparó la muestra de la solución de almidón de oca, añadiendo cuidadosamente la solución del yodo y así se notó el cambio que este genera en las muestras, se reflejó por colores si existe o no la presencia de almidón.

3.4.4.3. Determinación de pH

Para la determinación de pH en los tratamientos se realizó en base a la Norma INEN 2325 (2002), para esta investigación se controló las medidas diarias de pH, utilizando un potenciómetro digital con una escala de:0 a 100.

3.4.4.4. Determinación de sólidos solubles (°Brix)

En esta investigación se midió el porcentaje de sólidos solubles diariamente de cada uno de los tratamientos durante el proceso fermentativo, utilizando un refractómetro digital ATC con una escala de 0- 35°Brix, tomando en cuenta la metodología de (Ordóñez, L. 2022).

3.4.4.5. Determinación de grado alcohólico

En la investigación se utilizó un alcoholímetro de escala de 0 a 100% v/v, en el cual se realizó medición de los grados alcohólicos en la primera y segunda destilación comparando con la Norma INEN 340 (2016), para verificar si se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

3.4.4.6. Determinación de metanol, furfural y alcoholes superiores

Para la determinación de los resultados de los análisis fisicoquímicos, se realizó mediante el laboratorio Simetric, utilizando la Norma INEN 2014, en la cual describe el método para determinar el contenido de productos congéneres: metanol, 2-propanol, 1-propanol, Iso-Butanol, 1-Butanol, Iso- Amílico, Amílico y furfural por cromatografía de gases en las bebidas alcohólicas.

3.4.5. Análisis Sensorial de la bebida destilada vodka

En el análisis sensorial se evaluó cuatro tratamientos, aplicando una prueba hedónica con una escala de 7 puntos (Tabla 6), que va desde “me gusta extremadamente” hasta “me disgusta extremadamente”, para ello se contó con un panel de 50 jueces no entrenados que evaluaron los parámetros de: transparencia, olor, sabor, y aceptabilidad. Se utilizó el programa Minitab empleando un diseño estadístico de un solo factor, aplicando la prueba de Tukey con una probabilidad de 95% y con 5 % de margen de error, este análisis permitió evaluar el nivel de preferencia con respecto a los cuatro tratamientos según la variedad de almidón y la concentración de ácido cítrico y sulfúrico.

Tabla 6. Puntaje de la apreciación hedónica

Apreciación Hedónica	Puntaje
Me gusta extremadamente	7
Me gusta mucho	6
Me gusta moderadamente	5
No me gusta, ni me disgusta	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta extremadamente	1

Fuente: Benavides, I. y Pozo, M. (2018)

3.4.6. Análisis Estadístico

Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó para realizar la “obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca”. Elaborado con dos niveles de almidón de oca y tres niveles de concentración de ácidos, fue un diseño completamente al Azar con arreglo factorial A x B, en donde el factor A es el almidón de las ocas y el factor B es la concentración de los ácidos.

Factores de estudio.

En la Tabla 7 se presenta el Factor A (clase de almidón) en una concentración estándar utilizadas para la obtención de la bebida alcohólica.

Tabla 7: Factor A (tipo de almidón)

Niveles
A1(Almidón de oca blanca)
A2 (Almidón de oca amarilla)

En la Tabla 8 y 9 se muestra el Factor B (ácidos) a distintas concentraciones utilizadas para la obtención de la bebida alcohólica.

Tabla 8: Factor B (ácido cítrico)

Niveles	Concentración (%)
B1 ₁ (ácido cítrico)	3
B1 ₂ (ácido cítrico)	5
B1 ₃ (ácido cítrico)	7

Tabla 9: Factor B (ácido sulfúrico)

Niveles	Concentración (%)
B2 ₁ (ácido sulfúrico)	1.5
B2 ₂ (ácido sulfúrico)	2
B2 ₃ (ácido sulfúrico)	2.5

En la Tabla 10 se observa los tratamientos de los factores A y B, lo cuales fueron combinados para establecer el número total de tratamientos que fueron 12 cada uno con tres repeticiones, dando un total de 36 tratamientos a emplearse para esta investigación.

Tabla 10: Combinación y tratamientos de los factores de estudio.

Tratamientos	Combinaciones	Descripción
T1	A1B1 ₁	Oca blanca con ácido cítrico al 3%
T2	A1B1 ₂	Oca blanca con ácido cítrico al 5%
T3	A1B1 ₃	Oca blanca con ácido cítrico al 7%
T4	A1B2 ₁	Oca blanca con ácido sulfúrico al 1.5%
T5	A1B2 ₂	Oca blanca con ácido sulfúrico al 2%
T6	A1B2 ₃	Oca blanca con ácido sulfúrico al 2.5%
T7	A2B1 ₁	Oca amarilla con ácido cítrico al 3%
T8	A2B1 ₂	Oca amarilla con ácido cítrico al 5%
T9	A2B1 ₃	Oca amarilla con ácido cítrico al 7%
T10	A2B2 ₁	Oca amarilla con ácido sulfúrico al 1.5%
T11	A2B2 ₂	Oca amarilla con ácido sulfúrico al 2%
T12	A2B2 ₃	Oca amarilla con ácido sulfúrico al 2.5%

En la Tabla 11 se presentan las características del experimento

Tabla 11: Características del experimento

Numero de tratamientos	12
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	36

Cada unidad experimental será de 1L de mosto. Utilizando 30g por litro de almidón hidrolizado para todos los tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Rendimiento de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)

En la figura 9 se puede observar el porcentaje del rendimiento obtenido de las dos variedades de oca, indicando que la oca blanca contiene un valor de 4,16%, mientras que la oca amarilla presenta un valor de 4,05%, recalcando que no existe diferencia estadísticamente significativa.

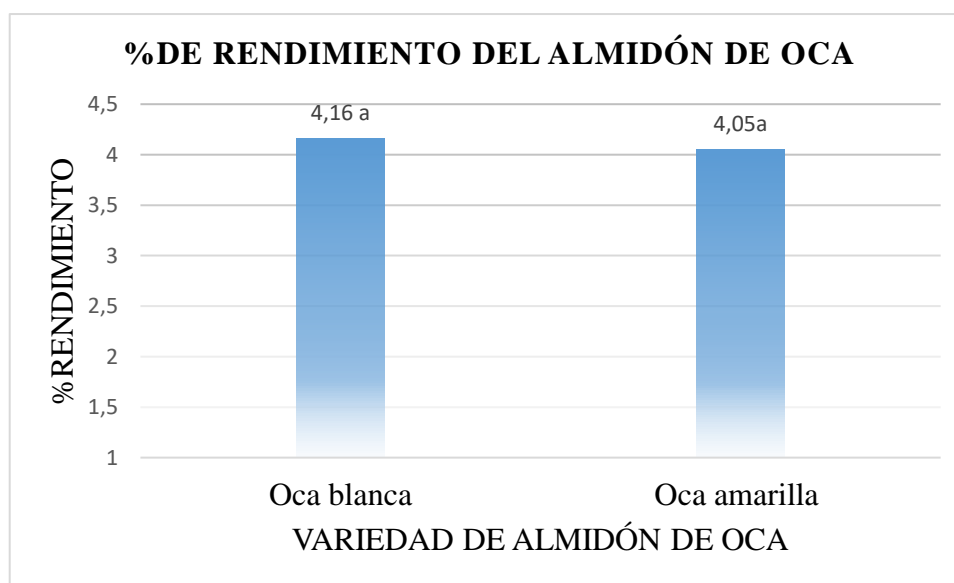


Figura 9: Rendimiento de almidón de dos variedades de oca

4.1.2. Hidrólisis ácida

Los resultados de la hidrólisis ácida fueron procesados mediante un análisis de varianza ANOVA con una prueba de diferenciación de Tukey con nivel de confianza del 95%. Por lo cual los valores obtenidos son las medias estadísticas, en donde se considera la desviación estándar (\pm) de los tratamientos dependiendo de la variedad de almidón de oca y al porcentaje de ácido.

En la siguiente tabla se observa los resultados del parámetro sólidos solubles realizados a los tratamientos con sus respectivas repeticiones, al final del proceso de hidrólisis.

Tabla 12. Resultado del parámetro sólidos solubles (°Brix), después de la hidrólisis ácida

Tratamiento	N	Media	Agrupación		
11	3	12,66 ± 0,57	A		
6	3	12,66 ± 0,57	A		
9	3	12,33 ± 0,57	A		
3	3	12,00 ± 0,00	A		
12	3	11,33 ± 0,57	A	B	
5	3	11,33 ± 0,57	A	B	
10	3	10,33 ± 0,57		B	C
4	3	10,33 ± 0,57		B	C
7	3	9,66 ± 0,57			C D
1	3	9,66 ± 0,57			C D
8	3	8,66 ± 0,57			D
2	3	8,66 ± 0,57			D

En la tabla 12 se observa que los que los tratamientos T3, T6, T9 y T11 tienen valores máximos con medias de 12,00; 12,66; 12,33; 12,66 respectivamente y el valor mínimo corresponde a los tratamientos T2 y T8 con una media 8,66 cada uno. Demostrando que si hay diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

4.1.3. Efecto de la hidrólisis ácida en el proceso fermentativo

Para cada parámetro analizado en la hidrólisis ácida durante el proceso fermentativo se realizó el análisis de varianza ANOVA con una prueba de diferenciación de Tukey. Obteniendo medias estadísticas, con desviación estándar (\pm) dependiendo de la variedad de almidón de oca y al porcentaje de ácido a utilizar. Recalcando que si el valor $-P$ es menor a 0.05 existe diferencia significativa.

- **Resultado del parámetro de pH**

En la tabla 13 se observa los cambios que tiene el pH tanto al inicio como al final del proceso fermentativo, obteniendo como resultado que en todos los tratamientos existe variaciones debido a la concentración y al tipo de ácido.

Tabla 13: Resultado del comportamiento de pH inicial y final en el proceso de fermentación

Tratamiento	Media	Tratamiento	Media
	pH inicial		pH final
T9	4,50 ± 0,00	T9	3,66 ± 0,28
T3	4,16 ± 0,28	T11	3,43 ± 0,11
T11	3,73 ± 0,05	T2	3,33 ± 0,11
T6	3,56 ± 0,11	T8	3,16 ± 0,28
T2	3,50 ± 0,00	T6	3,06 ± 0,11
T8	3,36 ± 0,32	T3	3,03 ± 0,05
T5	3,20 ± 0,17	T12	2,93 ± 0,11
T12	3,10 ± 0,17	T5	2,83 ± 0,28
T7	2,96 ± 0,05	T1	2,60 ± 0,17
T4	2,80 ± 0,20	T4	2,50 ± 0,43
T1	2,60 ± 0,17	T7	2,43 ± 0,40
T10	2,40 ± 0,00	T10	2,26 ± 0,11

En cuanto al pH inicial se resalta que los tratamientos T3, T6, T9 y T11 tienen mayores medias con valores de (4,50: 4,16: 3,73: 3,56) mientras que en el pH final los tratamientos T9, T11, T2 y T8 tienen medias altas de (3,66: 3,43: 3,33: 3,16), sin embargo, se resalta que en el pH inicial los T1 y T10 presentan menores medias (2,60 y 2,40), y en el pH final los T7 y T10 tienen valores de (2,43 y 2,26).

- **Resultado del parámetro sólidos solubles (°Brix)**

En la tabla 14 indica los resultados de los porcentajes de sólidos solubles que se adquiere al momento de iniciar y finalizar en el proceso de fermentación

Tabla 14. Resultado del comportamiento de sólidos solubles (°Brix) inicial y final en el proceso de fermentación

Tratamiento	Media	Tratamiento	Media
	°Brix inicial		°Brix final
T11	14,50 ± 0,00	T10	7,33 ± 0,11
T6	14,00 ± 0,36	T4	7,00 ± 1,00
T12	12,66 ± 0,57	T7	6,13 ± 0,23
T9	12,50 ± 0,50	T1	5,76 ± 0,26
T5	12,20 ± 0,20	T2	5,63 ± 0,11

Tratamiento	Media	Tratamiento	Media
	°Brix inicial		°Brix final
T3	12,00 ± 0,00	T8	5,16 ± 0,23
T4	10,43 ± 0,51	T5	4,93 ± 1,00
T10	10,00 ± 1,00	T12	4,63 ± 0,57
T2	9,66 ± 0,57	T9	4,30 ± 0,47
T8	9,33 ± 0,57	T3	4,13 ± 0,28
T1	8,66 ± 0,57	T11	3,43 ± 0,25
T7	8,16 ± 0,76	T6	3,30 ± 0,23

Se puede observar que en el °Brix inicial los tratamientos (T11, T6, T12 y T9) presentan medias altas de (14,50: 14,00: 12,66:12,50) y con medias bajas los T1 y T7 con valores de (8,66 y 8,16), en cuanto al grado brix final los (T9, T3, T11, T6) tienen medias menores de (4,30:4,13; 3,43: 3,30) y los T10 y T4 con medias mayores de (7,33 y 7,00).

- **Resultados del parámetro grados de alcohol**

En la siguiente tabla indica los resultados de los grados de alcohol que se genera la destilación.

Tabla 15. Comportamiento de los grados de alcohol

Tratamiento	N	Media	Agrupación
11	3	46,11 ± 0,96	A
6	3	44,17 ± 2,10	A
12	3	41,40 ± 3,00	A B
9	3	38,90 ± 0,00	A B
4	3	37,79 ± 4,28	A B
3	3	37,78 ± 0,96	A B
10	3	37,23 ± 6,01	A B
5	3	33,34 ± 4,81	A B
7	3	30,56 ± 7,22	A B
1	3	25,84 ± 10,42	B
2	3	25,56 ± 10,14	B
8	3	25,01 ± 9,62	B

La Tabla 15 presenta medias altas en los tratamientos T11, T6, T12 y T9 con valores de 46,11; 44,17; 41,40 y 38,90 y medias mínimas en los tratamientos T1, T2 y T8 con valores de 25,84; 25,56 y 25,01, además se obtuvo un valor -P de 0,002 siendo <0,05, lo cual significa que, si hay diferencia estadísticamente significativa en las muestras.

Luego de obtener los resultados de cada uno de los parámetros en el proceso de hidrólisis, fermentación y destilación de los 12 tratamientos con sus respectivas replicas, se llegó a determinar dependiendo de la variedad de almidón de oca y de la concentración de ácido. Los

tratamientos que están dentro de los rangos establecidos son T3 (oca blanca+ 7% ácido cítrico), T6 (oca blanca+ 2,5 ácido sulfúrico), T9 (oca amarilla+ 7% ácido cítrico) y T11 (oca amarilla + 2% ácido sulfúrico), a los cuales se les realizó los análisis fisicoquímicos.

- **Resultados de pH de los cuatro mejores tratamientos.**

En la figura 10 se identifica la variación del pH en los diferentes tratamientos, durante un tiempo de diez días.

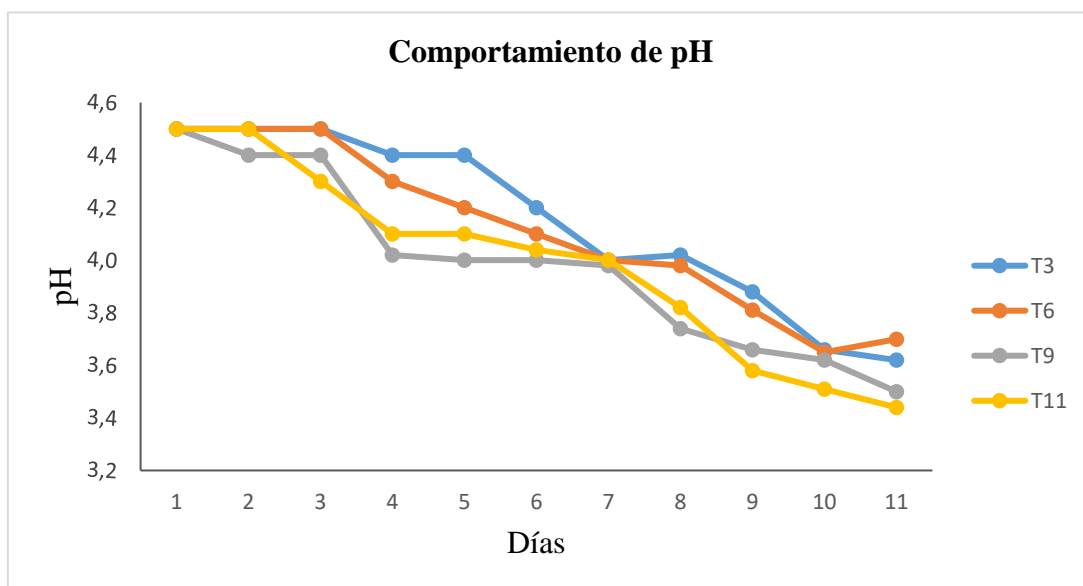


Figura 10. Curva del comportamiento de pH Vs días de los cuatro mejores tratamientos

En la figura 10, se evidencia que en los tratamientos: T3 (oca blanca+ 7% ácido cítrico), T6 (oca blanca+ 2,5 ácido sulfúrico) T9 (oca amarilla+ 7% ácido cítrico) y T11 (oca amarilla+ 2% ácido sulfúrico), inician con un pH de 4,5 teniendo un descenso continuo, finalizando en el décimo día con un pH de: 3,62: 3,7: 3,5 y 3,44.

- **Resultado de comportamiento de sólidos solubles de los cuatro mejores tratamientos**

En la siguiente figura se identifica la variación del porcentaje de sólidos solubles en los diferentes tratamientos, durante un tiempo de diez días.

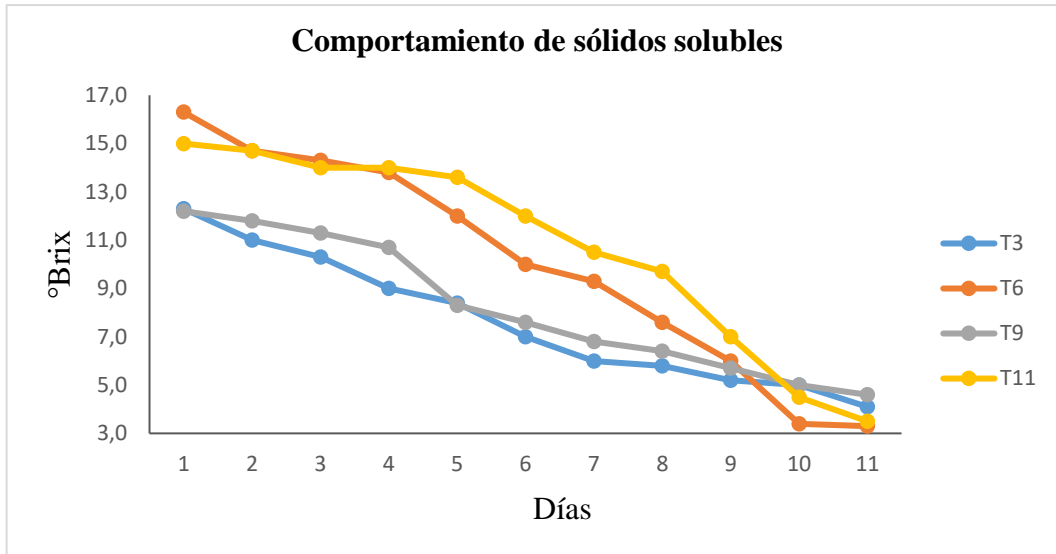


Figura 11. Curvas de comportamiento de sólidos solubles Vs días de los cuatro mejores tratamientos

En la figura 11, se evidencia que en los tratamientos: T6 (oca blanca+ 2,5 ácido sulfúrico) y T11 (oca amarilla+ 2% ácido sulfúrico), que son los que contienen ácido sulfúrico inician con un alto porcentaje de grados brix de 16,3 y 3,3 finalizan su proceso de fermentación con un valor bajo 3,3 y 3,5 a comparación de los ácidos cítricos, T3 (oca blanca+ 7% ácido cítrico) y T9 (oca amarilla+ 7% ácido cítrico), que empiezan con un valor de 12,3 y 12,2, finalizando con valores de 4,10 y 4,6.

- **Análisis de la variable alcohol (%v/v)**

En la figura 12 se presenta el contenido alcohólico de los diferentes tratamientos en la primera y segunda destilación.

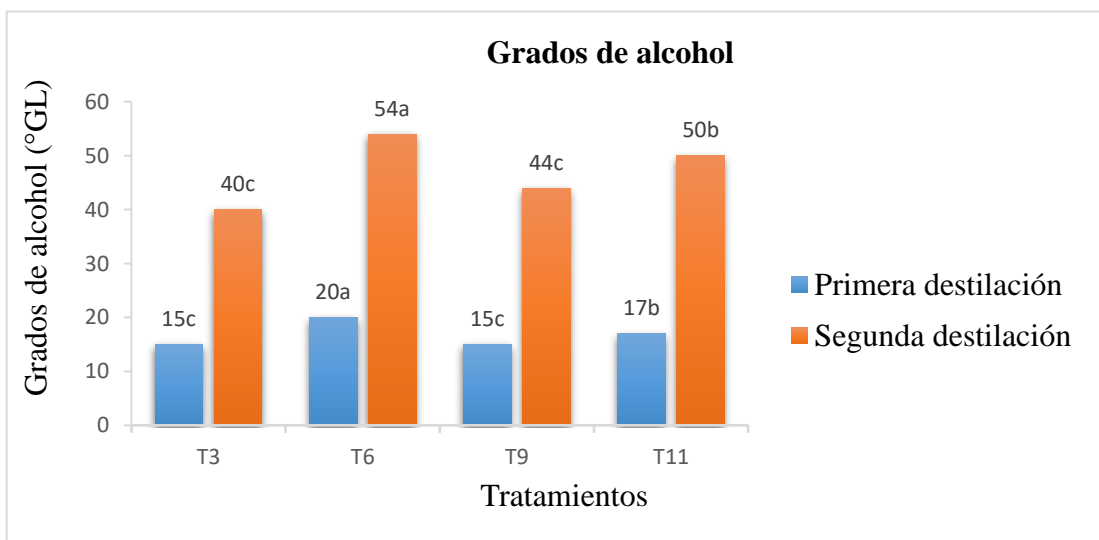


Figura 12: Comparación de los grados de alcohol en los diferentes tratamientos

Al analizar los datos referentes al porcentaje de alcohol (%v/v) de la bebida alcohólica (vodka) a partir del almidón, en la figura 12 indica que los tratamientos: T6 (oca blanca+ 2,5 ácido sulfúrico) y T11(oca amarilla+ 2% ácido sulfúrico), en la primera y segunda destilación son superiores al T3 (oca blanca+ 7% ácido cítrico) y T9 (oca amarilla+ 7% ácido cítrico). Indicando que si existe diferencia estadísticamente significativa.

4.1.4. Caracterización fisicoquímica de una bebida alcohólica (Vodka) de los cuatros mejores tratamientos.

Después de determinar los cuatro mejores tratamientos se realizó los análisis que establece la Normativa Técnica Ecuatoriana para bebidas alcohólicas. Vodka 369 (2016), lo cual se detalla a continuación en la tabla 16.

Tabla 16. Análisis fisicoquímicos para bebidas alcohólicas. Vodka

Parámetros	Unidad	Resultados				NTE INEN369		Método de ensayo
		T3	T6	T9	T11	Mínimo	Máximo	
Metanol	mg/100cm ³	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	1,5	NTE INEN 2014
Furfural	mg/100cm ³	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	0,0	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores	mg/100cm ³	14,3	7,23	15,81	8,8	-	150	NTE INEN 1837

Nota: En esta tabla se muestra los resultados de la suma de alcoholes superiores: Iso-Butanol, Iso-Amílico, 1-propanol

Como se observa en la tabla 16 los análisis realizados a los cuatro tratamientos están por debajo de <0,01, es decir no registran presencia de metanol y furfural en cuanto a la NTE INEN 2014, mientras que en los alcoholes superiores los tratamientos (T3, T6, T9 y T11) presentan valores de (14,2; 7,23; 15,81 y 8,8) siendo menores a 150 mg/100cm³. Estos resultados están de acuerdo con lo que pide la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1837.

4.1.5 Análisis sensorial

Para seleccionar el mejor tratamiento se empleó una prueba hedónica con una escala de 1 a 7 a 50 jueces no entrenados, formulado con dos variedades almidón de oca y a distintas concentraciones de ácido cítrico y sulfúrico, en donde el tratamiento T3 fue elaborado con almidón de oca blanca y 7% ácido cítrico, el tratamiento T6 con almidón blanca y 2,5 ácido sulfúrico, el tratamiento T9 con almidón de oca amarilla y 7% ácido cítrico y el tratamiento T11 con almidón de oca amarilla y 2% ácido sulfúrico.

Tabla 17: Evaluación sensorial de los cuatro tratamientos de la bebida alcohólica destilada (Vodka).

Tratamiento	Parámetro			
	Transparencia	Olor	Sabor	Aceptabilidad
T3	6a (Me gusta mucho)	4c (No me gusta ni me disgusta)	4c (No me gusta ni me disgusta)	4c (No me gusta ni me disgusta)
	T6	6a (Me gusta mucho)	5b (Me gusta moderadamente)	5b (Me gusta moderadamente)
T9		6 ^a (Me gusta mucho)	5b (Me gusta moderadamente)	4c (No me gusta ni me disgusta)
	T11	6 ^a (Me gusta mucho)	5b (Me gusta moderadamente)	4c (No me gusta ni me disgusta)

Los valores corresponden al promedio emitido por el criterio de 50 jueces no entrenados. El nivel de confianza del estudio fue del 95%. Letras a, b, c diferentes establecen diferencias estadísticamente significativas para un $p \leq 0,05$.

La evaluación realizada a los distintos tratamientos en cuanto al parámetro transparencia se determinó que no hay diferencias estadísticamente significativas, posicionando a los cuatro tratamientos con mayor aceptación, con una puntuación de aceptabilidad de 6 puntos perteneciente a la calificación (Me gusta mucho).

En el parámetro olor el resultado arrojó una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos a un nivel de confianza ($p \leq 0,05$). Ubicando al T6, T9, y T11 con mayor aceptación con una puntuación de aceptabilidad de 5 puntos perteneciente a la calificación (Me gusta moderadamente), mientras que el T4 obtuvo una puntuación de 4 (No me gusta ni me disgusta).

En el parámetro sabor el análisis estadístico si determino diferencias significativas, siendo el T6 con mayor nivel de aceptación con una puntuación de 5 puntos (me gusta moderadamente) y posicionando a los T3, T9 y T11 con una puntuación de 4 (No me gusta ni me disgusta)

Finalmente, en cuanto a la aceptabilidad, el tratamiento que obtuvo mayor calificación fue el T6, elaborado con almidón de oca blanca+ 2,5 % de ácido sulfúrico, indicando que le gusta moderadamente, mientras que T3, T9 y T11 obtuvieron un valor de 4 indicando que no les gusta ni les disgusta a los panelistas.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Rendimiento de almidón

El rendimiento de almidón se determinó mediante la diferencia de sus pesos entre la cantidad de materia prima que entro y la cantidad de almidón que se obtuvo al finalizar el proceso de extracción. En el caso de la oca amarilla se realizó una extracción ingresando un total de 49,40 kg de tubérculo, obteniendo un total de 2,003 kg de almidón; en cuanto a la oca blanca ingreso un total de 49,40 kg de materia prima y se obtuvo 2,057 kg de almidón. El valor de rendimiento del almidón de oca amarilla fue de 4,05 %, mientras que en la oca blanca es de 4,16 %, el cual son valores aceptables comparado con lo obtenido en el trabajo de investigación de (Ordóñez, 2022), logró un rendimiento del 24,36 %, ingresando 114,15 kg de materia prima y obteniendo un 27,81 kg de almidón de oca, es decir mientras más cantidad de materia prima entra mayor porcentaje de almidón se obtendrá.

4.2.2. Hidrólisis ácida

La hidrolisis ácida se realizó a temperaturas de ebullición, utilizando ácido cítrico y ácido sulfúrico los cuales fueron los encargados de catalizar al azar los enlaces glucosídicos del almidón, logrando formar así una gran variedad de oligosacáridos convirtiéndolos en glucosa al final de la hidrólisis, por otro lado, se pudo observar que al trabajar con un ácido fuerte y uno débil se obtienen resultados diferentes en la hidrólisis, por un tiempo de 6 horas a una temperatura de 140 °C. El ácido fuerte (sulfúrico) obtuvo °Brix

altos (16,3 – 15) y en el ácido débil (cítrico) un °Brix bajo de (12,3-12,2), esto se debe a que los ácidos fuertes catalizan más fácil a los enlaces glucosídicos permitiendo tener °Brix más altos. La hidrólisis realizada tiene resultados similares a la investigación de Silva, L. (2014) la cual en su formulación utilizó una concentración de 7% de ácido cítrico a una temperatura de 90 °C por un tiempo de 60 min, obteniendo como resultado de °Brix de 12,0. Por otro lado Romero, I. (2003), en su estudio de la hidrólisis con ácido sulfúrico utilizando una concentración de 6% a una temperatura de 90°C por un tiempo de operación de 240min obtiene un grados brix de 14,2 a 17,4, teniendo similitud con la investigación realizada.

Los tratamientos analizados durante esta investigación arrojaron un resultado negativo (color rojizo), es decir en donde se comprobó con la prueba de yodo que la hidrólisis había finalizado, debido a que ya no existía presencia almidón en las muestras de mosto a fermentar del ácido cítrico y sulfúrico, siendo similar a la investigación de Puertas, M. (2018), indicando que en los cinco tratamientos no hubo presencia de almidón después de la hidrólisis con ácido clorhídrico, presentando una coloración rojiza. Estos resultados están acorde con lo mencionado por los autores Benavides, I. y Pozo, M. (2018) que para detectar la presencia de almidón en el proceso de hidrólisis ácida se realiza la prueba de yodo, afirmando que no cambia el color de la solución de yodo (color rojizo) ausencia de almidón; el color cambia de pardo rojizo a marrón (el almidón no está completamente degradado) ; color azul, azul oscuro o negro (presencia de almidón) por lo tanto, los tratamientos presentan un resultado negativo (color rojizo), es decir su hidrólisis finalizo, debido a que no existe almidón en las muestras de mosto a fermentar del ácido cítrico y sulfúrico.

4.2.3. Efecto de la hidrólisis ácida en el proceso fermentativo

4.2.3.1. Hidrólisis entre los ácidos

En esta investigación en la hidrólisis con ácido cítrico a una concentración de 7% y un tiempo de hidrólisis de 6 horas el T3 y T9, con un grado brix de 12,3 y 12,2 un pH de 4,5 y a una temperatura de fermentación de 35°C durante 10 días se observó cambios constantes en los grados brix obteniendo un valor de 4,1 y 4,6, obteniendo un proceso de

fermentación eficaz, a comparación de la investigación realizada por Silva, L. (2014) en donde utilizó una concentración de ácido cítrico al 7%, realizó el proceso de hidrólisis por un tiempo de 100 min, obtuvo un °Brix de 13,0, y un pH de 4,5, en el cual se sometió a un proceso fermentativo durante 5 días a una temperatura de 30°C en donde mantuvo constante los grados brix iniciales, interrumpiendo la activación de las levaduras en la fermentación, es decir no hubo fermentación, debido al tiempo de fermentación y a la temperatura que fueron expuestos estos tratamientos.

En cuanto a la hidrólisis con ácido sulfúrico a una temperatura de 140°C por un tiempo de hidrólisis de 360min los tratamientos T6 y T11 fueron ajustados a un pH de 4,5, generando °Brix iniciales de 16,3 y 15,0 finalizando su proceso de fermentación con un valor de 3,3 y 3,5, mientras que, en la investigación realizada por Romero, I. (2003) utilizando ácido sulfúrico a una concentración de 6%, a una temperatura de 90 °C por un tiempo de operación de 240 min, en el proceso de hidrólisis obtiene un pH de 3,5 y °Brix de 14,2-17,4, obteniendo al final de la fermentación por 8 días, un grado brix de 3,5. Se resalta que esta investigación realizada por este autor obtiene más grados brix debido a que los rendimientos de azúcares reductores totales acrecientan con el tiempo de operación en el transcurso de cada experimento, es decir conforme aumenta la concentración de ácido en el proceso de hidrólisis el rendimiento se incrementa.

En esta investigación se pudo determinar que el uso de estos dos ácidos muestra diferente reacción en los procesos de hidrólisis y fermentación, el ácido sulfúrico genera más °Brix de 16,3 -15,0, mientras que el ácido cítrico obtiene resultados menores de 12,3 - 12,2 teniendo en cuenta que ambos son sometidos a los mismo parámetros y tiempos.

4.2.4. Proceso fermentativo

4.2.4.1. pH

En la etapa de hidrólisis la variación de pH fue mínima, en el proceso de fermentación se ajustó su pH a 4,5 a los cuatro mejores tratamientos, con una solución de hidróxido de sodio al 0.01N, ya que las formulaciones con los ácidos cítricos estaban en un rango de 1,37 a 2,0 y los ácidos sulfúricos 0,57 a 1,05 de pH, siendo valores bajos para iniciar el proceso de fermentación. Obteniendo después de la fermentación en los T3; T6; T9; y T11 pH finales de 3,6; 3,7; 3,5; y 3,4. En la investigación realizada por Silvia, L. (2014)

utilizando ácido cítrico obtuvo pH iniciales de 2,2 a 3.3 teniendo en cuenta que se ajustaron los pH a 4,5 para llevar a cabo el proceso fermentativo, mientras que, en el estudio realizado por Acuña, M. Girón, J y Milla, A. (2019) utilizando ácido sulfúrico obtiene un pH 4,2 después de la hidrólisis siendo no óptimo y se elevó a 4,8 para su fermentación. Determinando que estas investigaciones están acordes a lo mencionado por Escudero, D. (2015) con respecto a la variable pH, las levaduras trabajan mejor en medios relativamente ácidos por esta razón el pH debe mantenerse entre 3.0 y 5.0 y deberá ajustarse al mosto a este requerimiento,

4.2.4.2. °Brix

En cuanto al análisis sólidos solubles (°Brix), en el proceso de fermentación los cuatro mejores tratamientos T3, T6, T9, T11 iniciaron con un grado brix de 12,3; 15,0; 12,2;16,3 y finalizaron con un grado brix de 3,3; 4,1; 3,5; 4,7, lo cual se puede observar que en estos tratamientos hubo mayor consumo de azúcares fermentables presentes en el mosto. En cuanto a Silvia, L. (2014), al finalizar la hidrólisis con ácido cítrico obtuvo un °Brix de 13,0 manteniendo constante durante el tiempo de 5 días, es decir no hubo fermentación, lo que indica que la cantidad de azúcares presentes no fue suficiente para una adecuada fermentación, también pudo incidir la concentración del ácido cítrico en la muestra que inhibió la actividad de las levaduras y el tiempo de fermentación, por otro lado, Acuña, M. Girón, J y Milla, A. (2019), en su estudio utilizan ácido sulfúrico a una concentración del 1% en el cual obtuvieron 12,2 °Brix, recalando que a mayor concentración de ácido , mayor será el valor de °Brix. Estos resultados muestran similitud a lo mencionado por Escudero, D. (2015) que el mosto para la fermentación alcohólica debe estar en un grado brix entre 12 y 22, ya que, si el grado brix es bajo, el grado alcohólico será pobre. Por lo contrario, si el grado de brix es muy alto la fermentación no se efectúa, porque la presión osmótica que se ejerce sobre las levaduras es grande y no permiten que actúen.

4.2.4.3. Grados de Alcohol

En la investigación realizada se llevó a cabo dos destilaciones, en la primera destilación se obtuvieron valores de 8,68 a 16,01 y en la segunda los grados de alcohol varían desde un rango de 25,01 hasta 46,11, resaltando que se determinó los cuatro mejores tratamientos tanto de la primera y segunda destilación de acuerdo con la variedad de almidón de oca y de ácido. Según en la investigación Iñiguez, J (2010), el parámetro de

grados de alcohol determina que en la primera destilación es ordinaria a concentración baja y en la segunda destilación se elimina cabezas y colas, obteniendo en el cuerpo menor volumen, pero con mayor grado alcohólico.

De acuerdo a los cuatro mejores tratamientos en la primera destilación el T3, T6, T9 y T11 obtuvieron un grado de alcohol de 15; 20; 15; y 17, y en la segunda destilación se consiguió un grado de alcohol de 40; 54; 44; y 50, en donde se rectificó a 40% de grado alcohólico a los cuatro tratamientos, con el fin de que exista una homogeneidad de datos al momento de la evaluación sensorial, cumpliendo con lo establecido en la Norma INEN 369 (2016) el cual especifica los grados de alcohol que debe tener el vodka, teniendo en cuenta que el mínimo es de 37,7 sin máximo de grados de alcohol. En cuanto a Puertas, M (2018) obtuvo mayor grado alcohólico debido a la cantidad de almidón utilizado y a la concentración de ácido, demostrando que el ensayo 5 fue uno del mayor rendimiento de etanol con 78,1% de producción de etanol a partir de 40% de almidón y un tiempo de hidrólisis de 35min y el de menor rendimiento fue el ensayo 7 con 54,6 % con una concentración de almidón de 35% y un tiempo de hidrólisis de 15 min, utilizando como reactivo HCL a una concentración de 37%.

4.2.5. Caracterización fisicoquímica de una bebida alcohólica (Vodka) de los cuatro mejores tratamientos.

Los métodos físicos y químicos de los mejores cuatro tratamientos T3, T6, T9, T11 cumplen con los requisitos exigidos en la Norma INEN 369 (2016), en el cual se obtuvo los siguientes parámetros: furfural <0,01; metanol <0,01, y en alcoholes superiores 14,3 mg/cm³; 7,23 mg/cm³; 15,81 mg/cm³; 8,8 mg/cm³, siendo diferentes, sin embargo, esta dentro de la norma INEN 1837, recalando que el vodka entra en la clasificación de los licores. En la investigación realizada por García, M. y Vizuete, W. (2020), en sus cinco ensayos, el ensayo 1 y ensayo 3 contienen el 0,01 en furfural, en cuanto al metanol el ensayo 3 no registra presencia de metanol y en alcoholes superiores los ensayos E1, E2, E3, E4 y E5 presentan valores de (82,43: 18,6: 126: 66 y 43), resaltando que están dentro de la Norma INEN 1837 (2016) de bebidas alcohólicas. Licores, sin embargo, se resalta que los resultados de metanol y furfural de este autor son similares a la investigación realizada, mientras que en alcoholes superiores presentan valores más altos a los obtenidos en este trabajo de investigación. Según Borroto, D. (2017) en su artículo menciona que la presencia de los alcoholes superiores se genera debido a la

materia prima, durante el proceso de fermentación y la eficiencia de dicha operación en la destilación ya que se consideran impurezas y su concentración puede ser lo suficientemente elevada como para rendir un desagradable sabor y olor penetrante.

4.2.6. Análisis sensorial

Para determinar la aceptabilidad de los tratamientos, se tabularon los resultados de las encuestas a jueces no entrenados, los parámetros valorados fueron transparencia, olor, sabor y aceptabilidad para los tratamientos. En cuanto al análisis sensorial se demuestra la buena aceptación de la bebida alcohólica (vodka), por parte de los panelistas. En la evaluación de la aceptabilidad de los cuatro mejores tratamientos, el T6 (Oca blanca + 2,5% ácido sulfúrico) tiene mayor agrado con una valoración de 5,3 (Me gusta moderadamente) a comparación de los otros tres tratamientos que se determinó que en el olor y sabor percibían diferentes. En cuanto Ordóñez, L. (2022) menciona en su investigación que obtiene como resultado que el vodka a base de almidón de oca tiene una aceptación favorable versus la muestra comercial al comparar la experimentación con la muestra comercial.

Después de haber recolectado datos durante esta investigación, en el proceso de hidrólisis ácida se determinó que la hipótesis afirmativa influye en las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida alcohólica tipo Vodka con respecto a las concentraciones de almidón y a los ácidos utilizados (cítrico y sulfúrico), teniendo en cuenta que esta investigación cumple con cada uno de los requisitos establecidos dentro de la Normativa INEN 369 (2016) y la Normativa INEN 1837 (2016).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La acción hidrolítica realizada con el ácido sulfúrico presenta mejores resultados de azúcares, a diferencia del ácido cítrico, teniendo en cuenta que ambos procesos se obtuvieron bajo las mismas condiciones (tiempo - temperatura), resaltando que el primer ácido mencionado es fuerte y este facilita la catalización de los enlaces glucosídicos del almidón permitiendo obtener más azúcares.
- Se concluye que la hidrólisis ácida tiene efecto en el proceso fermentativo en los cuatro tratamientos, en el cual los rangos iniciales establecidos en pH de 4,5 y un °Brix de 12,3 a 16,3, finalizando con un pH de 3,6 a 3,4 y °Brix entre 3,3 a 4,7, durante el transcurso de 10 días, a una temperatura de 35°C evitando que la levadura deje de actuar.
- Los análisis físicos y químicos de los cuatro mejores tratamientos cumplen con los requisitos exigidos en la norma NTE INEN 369, lo cual garantiza la calidad del producto, en el análisis de metanol y furfural se obtuvo un resultado de <0,01, en cuanto a los alcoholes superiores un resultado 14,3 mg/cm³; 7,23 mg/cm³; 15,81 mg/cm³; 8,8 mg/cm³, siendo diferentes, sin embargo, esta dentro de la norma NTE INEN 1837, resaltando que el vodka entra en la clasificación de los licores.
- Se concluyó que el mejor tratamiento de la bebida alcohólica (vodka) fue el T6 (Oca blanca + 2,5% ácido sulfúrico), de acuerdo con la evaluación sensorial, en donde se evaluaron atributos como: olor, sabor, transparencia y aceptabilidad, en donde se obtuvo un valor de aceptabilidad de 5 equivalente a “me gusta moderadamente”.

5.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar concentraciones altas de ácido cítrico debido a que esta variable incide principalmente en el contenido de azúcares finales y así obtener mejor rendimiento en grados de alcohol.

- Se recomienda realizar un estudio a partir del almidón de oca mediante hidrólisis enzimática, con el propósito de evaluar la eficiencia de los métodos.
- Continuar con la investigación, con el fin de promover el cultivo de la oca, evitando la pérdida de este cultivo no comercializado.
- Se recomienda utilizar un equipo que sea diseñado para destilar con la finalidad de reducir tiempos y optimizar la rentabilidad para el proyecto.
- En el proceso de hidrólisis ácida se recomienda utilizar levaduras que soporten los medios ácidos y los cambios de temperatura.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, M. Girón, J y Milla, A. (2019). *Obtención de bioetanol a partir de cascarilla de cebada mediante hidrólisis ácida y fermentación* (trabajo de grado). Universidad Nacional de Callao, Callao, Perú.
- Álvarez, J. (2017). *Evaluación de la funcionalidad de producción de ácido cítrico usando cepas de Aspergillus niger identificadas molecularmente* (trabajo de grado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Ambuludi, M. (2014). *Implementación de un destilador simple para la obtención de etanol a partir del Penco azul (agave americana) para la planta de alimentos del Campus Juan Lunardi Paute* (trabajo de grado). Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, Cuenca Ecuador.
- Apaza, B. (2018). *Extracción y caracterización del almidón de oca (Oxalis tuberosa) de la variedad k'ellu kamusa*, (trabajo grado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
- Arévalo, A. (2011). *Uso del almidón de yuca para la obtención de alcohol etílico* (trabajo de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Benavides, I. y Pozo, M. (2018). *Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) a partir del almidón de tres variedades de papa, utilizando dos enzimas* (trabajo de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Cabrera, F. y Molina, D. (2017). *Proyecto para la Creación de una Empresa para Fabricación y Comercialización de Vodka a Base de Papa* (trabajo de grado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Carreño, G. (20 de diciembre de 2019). Alcohol y la humanidad [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.willistowerswatson.com/es-CO/Insights/2019/12/el-alcohol-y-la-humanidad>.
- Carrera., M. (26 de agosto de 2013). *Estudio de la oca y producción gastronómica del autor* (tesis pregrado). Universidad del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Carrión, L. (2018). *Obtención del almidón y glucosa a partir de la oca (oxalis tuberosa) por hidrólisis ácida y su cinética de extracción* (trabajo de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Carvajal, A. (27 de enero de 2019). Proceso de destilación y tipos de destiladores [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://terroaristas.com/2019/01/27/proceso-de-destilacion-y-tipos-de-destiladores-parte1/>

- Centro Internacional de la Papa, (16 de diciembre de 2015). Oca (*Oxalis tuberosa*) [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://cipotato.org/es/>
- Donoso, C y Villegas, E. (2018). *Estudio de la oca rosada (Oxalis Tuberosa) y su uso diverso en la repostería en la ciudad Guayaquil* (trabajo de grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Enríquez, D. (2022 6 de febrero). Proceso de elaboración del Vodka. *Academia*. Recuperado de <https://www.academia.edu/37863352/Vodka>.
- Escudero, D. (2015). *Obtención de bioetanol a partir de la inulina proveniente de la biomasa vegetal mediante sacarificación y fermentación* (trabajo de grado). Universidad central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Espinosa. Vaca, R. y Abad, J. (1996). Raíces y tubérculos andinos cultivos marginados en el Ecuador [Mensaje de un blog]. Recuperado de https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1421&context=abya_yala
- García, C. y Salmerón, L. (2016). *Estudio comparativo de la producción a escala de laboratorio de jarabe de glucosa por medio de hidrólisis acida de almidón de yuca y almidón de papa* (tesis de posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Mangua, Nicaragua.
- García, M. y Vizúete, W. (2020). *Obtención de alcohol etílico a partir de almidón de banano verde proveniente del Cantón Marcelino Maridueña mediante hidrólisis ácida y enzimática* (trabajo de grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- González, M. (2017). *Lanxess: Ácido sulfúrico suficientemente para consumirlo*. Madrid, España. >recuperado de <https://webmagazine.lanxess.com/es/acido-sulfurico-suficientemente-bueno-para-consumirlo/>
- Guadrón, E. (2013). *Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo majoncho verde (musa sp. variedad cuadrada), para su uso en la industria de alimentos* (trabajo de grado). Universidad del Salvador, Ciudad universitaria, Salvador.
- Guiron, G. y Funes L. (2013). *Obtención del alcohol etílico por medio de fermentación alcohólica de las cascaras de plátano utilizando como microorganismo productor Saccharomyces cerevisiae* (trabajo de grado). Universidad del el Salvador, San Salvador, el Salvador.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (22 de Julio de 2013). *Consumo de alcohol en el Ecuador*. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/mas-de-900-mil-ecuatorianos-consumen-alcohol/>

- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-INIAP. (2010). *El endulzamiento de la oca (Oxalis tuberosa) una alternativa para la agroindustria rural en el Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Iñiguez, J. (2010, 18 de agosto). Practicas sobre la destilación intermitente en alambique simple de mostos fermentados y ordinarios. *Ingeniería Primero*. Recuperado de https://fgsalazar.net/LANDIVAR/INGPRIMERO/boletin18/URL_18_QUI01_FERMENTACION.pdf
- Jiménez., D (2011). Obtención de azúcares fermentables mediante hidrólisis ácida de *Beta Vulgaris, L. Scielo*, 28 (2), 34-68.
- Maldonado, F. (2020). "Elaboración de una bebida alcohólica a base de uvilla (*Physis peruviana*) para incrementar la cartera de productos en la microempresa "Asociación Manos Productivas"" (trabajo de grado) Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador.
- Miranda, V. (2013). *Estudio de la oca y propuesta gastronómica de autor* (trabajo de grado). Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Mogrovejo, A. (2019). *Determinación de la influencia de dos métodos distintos en la obtención de almidón a partir de la oca (oxalis tuberosa Molina) variedad amarilla*. (trabajo de grado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Montalvo, H. (14 de marzo del 2016). Biotecnología en la industria alimentaria [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/biotec/contenidos8.htm>
- Morales, S. (2015). *Hidrólisis ácida de celulosa y biomasa Lignocelulósica asistida con líquidos iónicos* (tesis de posgrado). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación* (tesis de posgrado). Bogotá, Colombia.
- Ordóñez, L. (2022). Desarrollo de una bebida alcohólica destilada tipo (vodka) a partir de dos variedades de tubérculos, papa china (*Colacasia esculenta*) y oca (*Oxalis tuberosa*) (trabajo de grado). *Universidad del Azuay*, Cuenca, Ecuador.
- Palate, E. (2013). *Estudio del efecto de la temperatura y el tiempo en las características fisicoquímicas y sensoriales de la oca (oxalis tuberosa) durante su maduración* (trabajo de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Puertas, M. (2018). *Efecto de la cinética de hidrólisis ácida de almidón de maíz (Zea mays L.) en el rendimiento para la obtención de etanol* (trabajo de grado). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.

- Raffino, M. (2021). Hidrólisis. Quilmes. *Conceptos y definiciones*, Argentina: Etecé.
Recuperado de <https://concepto.de/hidrolisis/>.
- Romero, I. (2003). *Hidrólisis ácida y enzimática del residuo de poda de olivo. Fermentación de hidrolizados con pachysolen tannophilus* (trabajo de grado). Universidad de Jaén, Jaén, Ucrania.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN 1881]. (1992). Ácido sulfúrico para uso industrial. Requisitos. Recuperado de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1881.pdf.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN 369]. (2016). Bebidas alcohólicas. Vodka. Requisitos. Quinta revisión. Recuperado de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_369-5.pdf

VII. ANEXOS

Anexo 1: Certificado o Acta del Perfil de Investigación



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS



ACTA **DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR:**

NOMBRE Dayana Lisbeth Bustillos Sánchez
NIVEL/PARALELO: 0

CÉDULA DE IDENTIFICACIÓN: 1004628531
PERIODO ACADÉMICO: 2022A

TEMA DEL TIC: "Obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (Oxalis tuberosa)"

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC. RIVAS CARLOS ALBERTO
DOCENTE TUTOR: MSC. PAREDES PITA CARLOS ARTURO
DOCENTE: MSC. ANCHUNDIA LUCAS MIGUEL ANGEL

De acuerdo al artículo 32: Una vez entregados los documentos; y, cumplidos los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director/a de Carrera designará el Tribunal, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS 4 **AULA:** 106

FECHA: viernes, 27 de mayo de 2022

HORA: 11H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 5,90

2) Trabajo escrito 2,50

Nota final de PRE DEFENSA 8,40

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el viernes, 27 de mayo de 2022


MSC. RIVAS CARLOS ALBERTO
PRESIDENTE


MSC. PAREDES PITA CARLOS ARTURO
DOCENTE TUTOR


MSC. ANCHUNDIA LUCAS MIGUEL ANGEL
DOCENTE

Adj.: Observaciones y recomendaciones



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS



ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR:

NOMBRE Brenda Liceth Cochero Murillo
NIVEL/PARALELO: 0

CÉDULA DE IDENTIFICACIÓN 1758500613
PERIODO ACADÉMICO 2022A

TEMA DEL TIC: "Obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (Oxalis tuberosa)"

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC. RIVAS CARLOS ALBERTO
DOCENTE TUTOR: MSC. PAREDES PITA CARLOS ARTURO
DOCENTE: MSC. ANCHUNDIA LUCAS MIGUEL ANGEL

De acuerdo al artículo 32: Una vez entregados los documentos; y, cumplidos los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director/a de Carrera designará el Tribunal, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS 4 **AULA:** 106

FECHA: viernes, 27 de mayo de 2022

HORA: 11H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 5,90

2) Trabajo escrito 2,50

Nota final de PRE DEFENSA 8,40

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el viernes, 27 de mayo de 2022

MSC. RIVAS CARLOS ALBERTO
PRESIDENTE

MSC. PAREDES PITA CARLOS ARTURO
DOCENTE TUTOR

MSC. ANCHUNDIA LUCAS MIGUEL ANGEL
DOCENTE

Adj.: Observaciones y recomendaciones

Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Bustillos Sánchez Dayana Lisbeth y Cochero Murillo Brenda Liceth				
DATE: 31 de mayo de 2022				
TOPIC: " Obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)"				
MARKS AWARDED QUANTITATIVE AND QUALITATIVE				
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE
CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Bustillos Sánchez Dayana Lisbeth y Cochero Murillo Brenda Liceth

Fecha de recepción del abstract: 31 de mayo de 2022

Fecha de entrega del informe: 31 de mayo de 2022

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se validó dicho trabajo.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:
EDISON BOANERGES
PENAFIEL ARCOS

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN



**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 369
Quinta revisión
2016-11

BEBIDAS ALCOHÓLICAS. VODKA. REQUISITOS

ALCOHOLIC BEVERAGES. VODKA. REQUIREMENTS

BEBIDAS ALCOHÓLICAS VODKA REQUISITOS

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los requisitos para el vodka.

2. REFERENCIA NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (Incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 338, *Bebidas alcohólicas. Definiciones*

NTE INEN 1108, *Agua potable. Requisitos*

NTE INEN 340, *Bebidas alcohólicas. Determinación del grado alcohólico.*

NTE INEN 2014, *Bebidas alcohólicas. Determinación de productos congéneres por cromatografía de gases.*

NTE INEN 339, *Bebidas alcohólicas. Muestreo*

NTE INEN 1933, *Bebidas alcohólicas. Rotulado*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en NTE INEN 338 y la que a continuación se detalla:

3.1

vodka

Bebida alcohólica obtenida mediante la hidratación del alcohol etílico rectificado extraneuro, proveniente de productos naturales y tratado por un método conveniente, de manera que quede sin carácter, aroma o gusto distintivo.

4. REQUISITOS

4.1 El vodka debe presentar un aspecto transparente e incoloro.

4.2 No se permite la adición de edulcorantes, colorantes, ni saborizantes.

4.3 El agua utilizada para la hidratación debe ser potable conforme a NTE INEN 1108, la misma que puede ser sometida a un proceso de tratamiento posterior.

4.4 El vodka debe cumplir los requisitos físicos y químicos establecidos en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos para el vodka

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Alcohol, fracción volumétrica	%	37,5	-	NTE INEN 340
Metanol	mg/100 cm ³ *	-	1,5	NTE INEN 2014
Furfural	mg/100 cm ³ *	-	0,0	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores **	mg/100 cm ³ *	-	0,7	NTE INEN 2014
* El volumen de 100 cm ³ corresponde al alcohol absoluto				
** Alcoholes superiores comprenden: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico, amílico.				

5. MUESTREO

El muestreo debe realizarse de acuerdo con NTE INEN 339.

6. ROTULADO

El rotulado debe realizarse de acuerdo con NTE INEN 1933.

Anexo 4: Test de evaluación sensorial de aceptabilidad de los ensayos.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES



CARRERA DE ALIMENTOS
EVALUACIÓN SENSORIAL DE VODKA

Solicitamos su colaboración para realizar un análisis de evaluación sensorial correspondiente al tema de tesis: “Obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*)”. Califique los atributos de las muestras que se presentan en la Tabla 2 con los valores de aceptabilidad de la Tabla 1.

Tabla 1: Escala de valores de aceptabilidad

Aceptabilidad	Valor
Me gusta extremadamente	7
Me gusta mucho	6
Me gusta moderadamente	5
No me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta extremadamente	1

Tabla 2: Análisis sensorial del vodka

Atributos	Muestras			
	312	345	305	323
Transparencia				
Olor				
Sabor				
Aceptabilidad				

Comentarios:

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Anexo 5: Resultados de los análisis fisicoquímicos



INFORME DE RESULTADOS N° S2022-056-0374

FECHA: 2022-04-18
 CLIENTE: Brenda Cochero
 DIRECCIÓN: Tulcán

ORDEN: ND
 PRODUCTO: Alcoholes
 ID CLIENTE: T1
 CANTIDAD: 100 cm³
 PROCEDENCIA: ND
 MUESTREADO POR: Cliente

ATENCIÓN: Brenda Cochero
 RECIBIDO: 2022-04-08
 ANALIZADO: 2022-04-12
 COMPLETADO: 2022-04-13

EN SAYO REALIZADO	METODO	RESULTADO	UNIDAD
DETERMINACIÓN DE ALCOHOLES			
Metanol	INEN 2014	<0,01	mg/100cm ³
2-Propanol		<0,01	mg/100cm ³
1-Propanol		1,39	mg/100cm ³
Iso-Butanol		5,42	mg/100cm ³
1-Butanol		<0,01	mg/100cm ³
Iso-Amílico		1,99	mg/100cm ³
Amílico		<0,01	mg/100cm ³
Furfural		<0,01	mg/100cm ³



INFORME DE RESULTADOS N° S2022-056-0374

FECHA: 2022-04-18
 CLIENTE: Brenda Cochero
 DIRECCIÓN: Tulcán

ORDEN: ND
 PRODUCTO: Alcoholes
 ID CLIENTE: T2
 CANTIDAD: 100 cm³
 PROCEDENCIA: ND
 MUESTREADO POR: Cliente

ATENCIÓN: Brenda Cochero
 RECIBIDO: 2022-04-08
 ANALIZADO: 2022-04-12
 COMPLETADO: 2022-04-13

EN SAYO REALIZADO	METODO	RESULTADO	UNIDAD
DETERMINACIÓN DE ALCOHOLES			
Metanol	INEN 2014	<0,01	mg/100cm ³
2-Propanol		<0,01	mg/100cm ³
1-Propanol		1,01	mg/100cm ³
Iso-Butanol		5,15	mg/100cm ³
1-Butanol		<0,01	mg/100cm ³
Iso-Amílico		1,07	mg/100cm ³
Amílico		<0,01	mg/100cm ³
Furfural		<0,01	mg/100cm ³



INFORME DE RESULTADOS N° S2022-056-0374

FECHA: 2022-04-18
 CLIENTE: Brenda Cochero

DIRECCIÓN: Tulcán

ORDEN: ND
 PRODUCTO: Alcoholes
 ID CLIENTE: T3
 CANTIDAD: 100 cm³
 PROCEDENCIA: ND
 MUESTREADO POR: Cliente

ATENCIÓN: Brenda Cochero
 RECIBIDO: 2022-04-08
 ANALIZADO: 2022-04-12
 COMPLETADO: 2022-04-13

EN SAYO REALIZADO	METODO	RESULTADO	UNIDAD
DETERMINACIÓN DE ALCOHOLES			
Metanol	INEN 2014	<0,01	mg/100cm ³
2-Propanol		<0,01	mg/100cm ³
1-Propanol		4,04	mg/100cm ³
Iso-Butanol		8,62	mg/100cm ³
1-Butanol		<0,01	mg/100cm ³
Iso-Amílico		3,15	mg/100cm ³
Amílico		<0,01	mg/100cm ³
Furfural		<0,01	mg/100cm ³



INFORME DE RESULTADOS N° S2022-056-0374

FECHA: 2022-04-18
 CLIENTE: Brenda Cochero

DIRECCIÓN: Tulcán

ORDEN: ND
 PRODUCTO: Alcoholes
 ID CLIENTE: T4
 CANTIDAD: 100 cm³
 PROCEDENCIA: ND
 MUESTREADO POR: Cliente

ATENCIÓN: Brenda Cochero
 RECIBIDO: 2022-04-08
 ANALIZADO: 2022-04-12
 COMPLETADO: 2022-04-13

ENSAYO REALIZADO	METODO	RESULTADO	UNIDAD
DETERMINACIÓN DE ALCOHOLES			
Metanol	INEN 2014	<0,01	mg/100cm ³
2-Propanol		<0,01	mg/100cm ³
1-Propanol		2,32	mg/100cm ³
Iso-Butanol		9,45	mg/100cm ³
1-Butanol		<0,01	mg/100cm ³
Iso-Amílico		2,53	mg/100cm ³
Amílico		<0,01	mg/100cm ³
Furfural		<0,01	mg/100cm ³

Fin de los resultados analíticos

Anexo 6: Fotografías

Obtención del almidón a partir de la oca (*Oxalis tuberosa*)



Figura 14: Selección y limpieza de la oca (*Oxalis tuberosa*)



Figura 13: Pesado de la oca amarilla y blanca



Figura 15: Cortes en forma circular de 5 cm de la oca



Figura 16: Trituración de la oca en una licuadora industrial



Figura 17: Primera sedimentación de la oca por 12 horas



Figura 18: Filtración de la oca separando lo sólidos de lo líquido.



Figura 20: Segunda sedimentación del almidón por 12 horas



Figura 19: Primer lavado del almidón



Figura 21: Segundo lavado de la oca

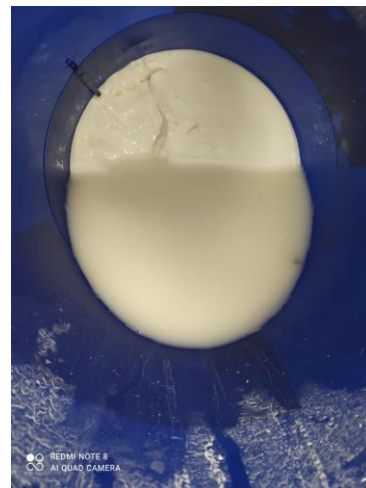


Figura 22: Obtención del almidón de oca después de su limpieza

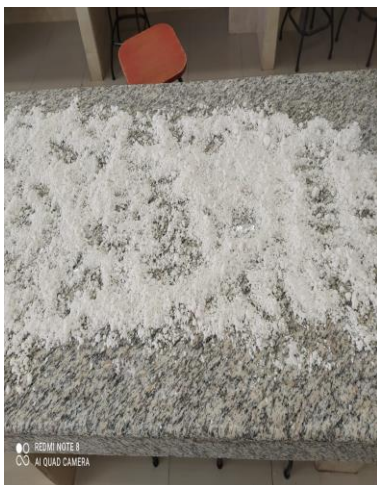


Figura 23: Secado del almidón a temperatura ambiente por 5 días



Figura 24: Filtración del almidón de oca



Figura 25: Almidón de oca amarilla y oca blanca.

Hidrólisis ácida (ácido cítrico y sulfúrico)

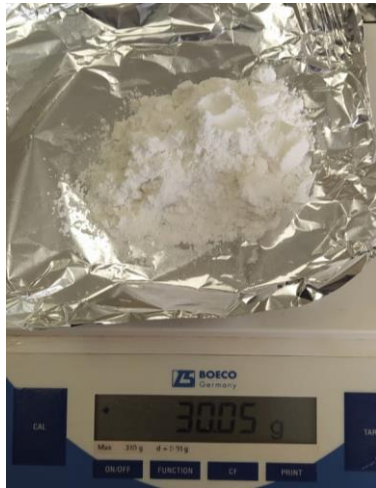


Figura 26: Pesado 30 gr de almidón de oca

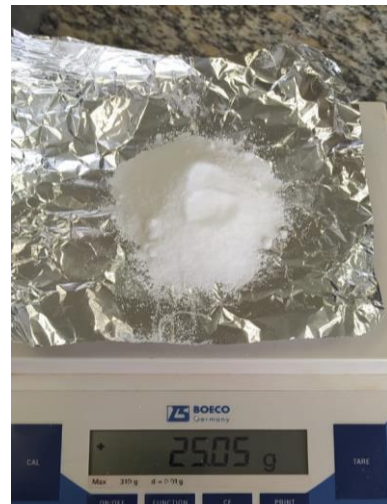


Figura 27: Pesado del ácido cítrico para las diferentes formulaciones



Figura 29: Equipo de hidrólisis ácida por calor



Figura 28: Diferentes concentraciones de ácido sulfúrico en los tratamientos para la hidrólisis ácida



Figura 31: Hidrólisis ácida con el ácido sulfúrico a una temperatura de 140°



Figura 30: Hidrólisis ácida con ácido cítrico a una temperatura de 140°C



Figura 32: Prueba de Yodo, colocando tres gotas de Lugol a la solución hidrolizada



Figura 33: Filtración de la solución hidrolizada

Fermentación

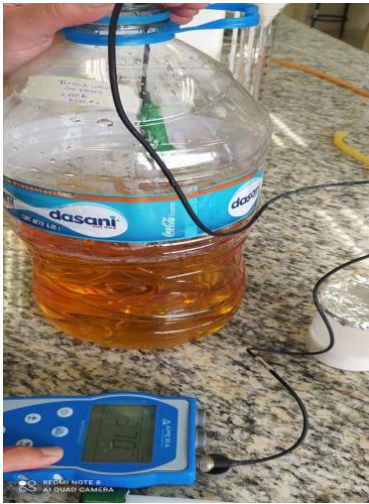


Figura 35: Medición del pH de la solución antes de la fermentación



Figura 34: Fermentación de los tratamientos por 10 días a una temperatura de 35°C

Destilación



Figura 37: Primera destilación de los diferentes tratamientos sacando cabeza, cuerpo y cola a una temperatura de 85°C



Figura 36: Segunda destilación de los diferentes tratamientos sacando cabeza, cuerpo y cola a una temperatura de 85°C



Figura 38: Medición del grado alcohólico con un alcoholímetro para los diferentes tratamientos.



Figura 39: Envasado en botellas esterilizadas transparentes de 750mL

Evaluación sensorial



Figura 41: Primer grupo catador con panelistas no entrenados



Figura 40: Segundo grupo catador con panelistas no entrenados



Figura 42: Tercer grupo catador con panelistas no entrenados