



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**OBTENCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN  
DEL MAÍZ CHULPI (*Zea mays sacchara*) UTILIZANDO LA  
FERMENTACIÓN DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS, PARA SU  
USO EN LA INDUSTRIA COSMÉTICA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** ADRIANA MICHELLE GUAMÁN PINTO

**DIRECTORA:** Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS, MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

**©2022, Adriana Michelle Guamán Pinto**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, ADRIANA MICHELLE GUAMÁN PINTO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de febrero del 2022

ADRIANA  
MICHELLE  
GUAMAN PINTO



Firmado digitalmente por  
ADRIANA MICHELLE  
GUAMAN PINTO  
Fecha: 2022.04.08 18:19:46  
-05'00'

**Adriana Michelle Guamán Pinto**

**180532110-4**



## **DEDICATORIA**

El presente Trabajo de Integración Curricular está dedicado hacia mis padres Clara y Fausto, quienes con su amor y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental para culminar este trayecto.

A mis hermanos Fernando, Gustavo, quienes han sido mi guía, especialmente Gus a quien considero mi segundo padre y quien es mi ángel que da luz a mi camino cuando están los días grises, por ser mi ejemplo para seguir adelante en mis proyectos y por nunca dejarme sola a pesar de que haya partido de este mundo físicamente pero siempre vivirá en mi corazón.

A mi hermano Andrés por ser mi cómplice y mejor amigo, a mis primos Alex y David que con su paciencia y palabras de aliento me han impulsado a continuar y no rendirme.

A mis amigos Britt, Juan, Agusta, Diego, Omar, Nicole por convertirse en mi segunda familia, por ser con quienes hemos disfrutado de cada momento que duró la carrera y sin duda por la ayuda y el apoyo que nos hemos brindado mutuamente.

A mi familia tanto materna como paterna que siempre están pendientes de cada paso que doy, a mi pequeña Belén y a mis sobrinos Dome y Anthony quienes llegaron a iluminar mi vida con sus ocurrencias, cariño y afecto.

*Adriana*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mi familia por su confianza y apoyo incondicional para formar la persona que soy, pues con sus consejos me han enseñado a no rendirme a pesar de los obstáculos que se presenten.

A mi tutora Ing. Linda Flores y miembro Ing. Violeta Dalgo por su tiempo, paciencia y entrega para el desarrollo de este trabajo.

A las docentes de los laboratorios de la Facultad de Ciencias que han sido utilizados para la elaboración de este proyecto, pues han sido una guía y una gran ayuda durante el tiempo de realización de esta investigación.

*Adriana*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Marco teórico.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1. Maíz Chulpi.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2. Almidón .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2.1. Almidón de maíz .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.2.2. Extracción del almidón.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.2.3. Extracción del almidón de maíz por vía húmeda .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.2.4. Gelatinización.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.2.5. Operaciones unitarias utilizadas en la extracción del almidón .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.3. Ácido láctico .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.3.1. Mecanismos de obtención del ácido láctico.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.3.2. Aplicaciones del ácido láctico en la industria cosmética .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.4. Fermentación .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.4.1. Fermentación láctica .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.5. Bacterias lácticas .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.5.1. Lactobacillus ruidii .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.5.2. Fermento láctico R-703.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.5.3. Lactococcus lactis .....</b>	<b>14</b>

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	16
<b>2.1.</b>	<b>Objetivos</b>	16
<b>2.1.1.</b>	<i>Objetivo General</i>	16
<b>2.1.2.</b>	<i>Objetivos Específicos</i>	16
<b>2.2.</b>	<b>Hipótesis y especificación de variables</b>	16
<b>2.2.1.</b>	<i>Hipótesis General</i>	16
<b>2.2.2.</b>	<i>Hipótesis específicas</i>	16
<b>2.2.3.</b>	<i>Identificación de variables</i>	17
<b>2.2.4.</b>	<i>Operacionalización de variables</i>	18
<b>2.2.5.</b>	<i>Matriz de consistencia</i>	20
<b>2.3.</b>	<b>Tipo y diseño de la investigación</b>	22
<b>2.3.1.</b>	<i>Tipo de investigación</i>	22
<b>2.3.2.</b>	<i>Diseño Experimental de la investigación</i>	22
<b>2.3.2.1.</b>	<i>Descripción de equipos, materiales, reactivos y materia prima</i>	23
<b>2.4.</b>	<b>Unidad de análisis</b>	24
<b>2.5.</b>	<b>Población de estudio</b>	25
<b>2.6.</b>	<b>Tamaño de la muestra</b>	25
<b>2.7.</b>	<b>Selección de muestra</b>	25
<b>2.8.</b>	<b>Técnicas de recolección de datos</b>	26
<b>2.8.1.</b>	<i>Técnicas para caracterizar el almidón del maíz chulpi</i>	26
<b>2.8.1.1.</b>	<i>Humedad</i>	26
<b>2.8.1.2.</b>	<i>Solubilidad</i>	26
<b>2.8.1.3.</b>	<i>Prueba de pH</i>	26
<b>2.8.1.4.</b>	<i>Cenizas</i>	27
<b>2.8.1.5.</b>	<i>Hidrólisis ácida del almidón</i>	27
<b>2.8.1.6.</b>	<i>Determinación de azúcares reductores</i>	28
<b>2.8.2.</b>	<i>Bacterias ácido lácticas</i>	28
<b>2.8.2.1.</b>	<i>Activación de las bacterias ácido lácticas</i>	28
<b>2.8.3.</b>	<i>Ácido láctico</i>	29
<b>2.8.3.1.</b>	<i>Fermentación</i>	29
<b>2.8.3.2.</b>	<i>Acidez titulable</i>	29
<b>2.8.3.3.</b>	<i>pH</i>	30
<b>2.8.3.4.</b>	<i>Espectroscopia infrarroja</i>	30



### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	31
<b>3.1.</b>	<b>Datos obtenidos</b> .....	31
<b>3.1.1.</b>	<i>Producción del almidón del maíz chulpi</i> .....	31
<b>3.1.2.</b>	<i>Caracterización del almidón de maíz chulpi</i> .....	31
<b>3.1.2.1.</b>	<i>Humedad</i> .....	31
<b>3.1.2.2.</b>	<i>Cenizas</i> .....	32
<b>3.1.2.3.</b>	<i>Ph.</i> .....	32
<b>3.2.</b>	<b>Datos para el proceso de fermentación</b> .....	33
<b>3.3.</b>	<b>Cálculos</b> .....	33
<b>3.3.1.</b>	<i>Cálculos para el almidón del maíz chulpi</i> .....	33
<b>3.3.1.1.</b>	<i>Rendimiento del almidón de maíz chulpi</i> .....	33
<b>3.3.1.2.</b>	<i>Cálculo para determinar el porcentaje de calcinación del almidón</i> .....	33
<b>3.3.2.</b>	<i>Cálculo para determinar el porcentaje de ácido láctico</i> .....	34
<b>3.3.2.1.</b>	<i>Porcentaje de acidez titulable del ácido láctico</i> .....	34
<b>3.4.</b>	<b>Resultados</b> .....	34
<b>3.4.1.</b>	<i>Resultados del rendimiento del almidón de maíz chulpi obtenido</i> .....	34
<b>3.4.2.</b>	<i>Resultados de la caracterización del almidón del maíz chulpi</i> .....	35
<b>3.4.3.</b>	<i>Resultados de la hidrólisis ácida</i> .....	37
<b>3.4.4.</b>	<i>Resultados de la fermentación del almidón del maíz chulpi y la bacteria ácido láctica</i> .....	37
<b>3.4.5.</b>	<i>Resultados de la destilación al vacío</i> .....	39
<b>3.4.6.</b>	<i>Porcentaje de acidez titulable del ácido láctico</i> .....	41
<b>3.5.</b>	<b>Resultados de análisis de varianza ANOVA</b> .....	43
<b>3.5.1.</b>	<i>Resumen del diseño</i> .....	43
<b>3.5.2.</b>	<i>Hipótesis del análisis estadístico</i> .....	44
<b>3.5.3.</b>	<i>Efectos de las variables para el diseño experimental</i> .....	44
<b>3.5.3.1.</b>	<i>Resumen del modelo</i> .....	44
<b>3.5.4.</b>	<i>Análisis de Varianza</i> .....	45
<b>3.6.</b>	<b>Resultados de la Espectroscopía infrarroja</b> .....	49
<b>3.7.</b>	<b>Prueba de hipótesis</b> .....	50
<b>3.7.1.</b>	<i>Determinación de eficiencia de la vía fermentativa del almidón de maíz chulpi para la producción de ácido láctico</i> .....	50
<b>3.7.2.</b>	<i>Prueba de Hipótesis específica 1 (H1)</i> .....	51
<b>3.7.3.</b>	<i>Prueba de Hipótesis específica 2 (H2)</i> .....	51
<b>3.7.4.</b>	<i>Prueba de Hipótesis específica 3 (H3)</i> .....	52

<b>3.7.5. Prueba de Hipótesis específica 4 (H4)</b> .....	52
<b>CONCLUSIONES</b> .....	53
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	55
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Taxonomía del Maíz Chulpi .....	5
<b>Tabla 2-1:</b>	Peso y composición de las partes del grano de Maíz .....	5
<b>Tabla 3-1:</b>	Propiedades físico químicas del ácido láctico.....	10
<b>Tabla 4-1:</b>	Taxonomía del Lactobacillus lactis cremoris.....	15
<b>Tabla 1-2:</b>	Identificación de variables en el proceso de obtención del ácido láctico....	17
<b>Tabla 2-2:</b>	Operacionalización de variables en el proceso de obtención de ácido láctico .....	18
<b>Tabla 3-2:</b>	Matriz de consistencia.....	20
<b>Tabla 4-2:</b>	Variables del proceso para la obtención del ácido láctico .....	22
<b>Tabla 5-2:</b>	Método para medir la humedad .....	26
<b>Tabla 6-2:</b>	Evaluación de solubilidad .....	26
<b>Tabla 7-2:</b>	Evaluación de pH para el almidón.....	26
<b>Tabla 8-2:</b>	Método para los residuos de calcinación para el almidón .....	27
<b>Tabla 9-2:</b>	Método para la hidrólisis ácida del almidón .....	27
<b>Tabla 10-2:</b>	Método para la determinación de grados brix .....	28
<b>Tabla 11-2:</b>	Procedimiento para la activación de bacterias ácido lácticas .....	28
<b>Tabla 12-2:</b>	Procedimiento para la fermentación láctica .....	29
<b>Tabla 13-2:</b>	Método para determinar el porcentaje de ácido láctico .....	29
<b>Tabla 14-2:</b>	Procedimiento para determinar el pH del ácido láctico .....	30
<b>Tabla 15-2:</b>	Método para determinar grupos funcionales del ácido láctico .....	30
<b>Tabla 1-3:</b>	Pesos obtenidos durante la producción del almidón del maíz chulpi .....	31
<b>Tabla 2-3:</b>	Porcentaje de humedad obtenido del almidón del maíz chulpi.....	32
<b>Tabla 3-3:</b>	Pesos de la calcinación del almidón del maíz chulpi .....	32
<b>Tabla 5-3:</b>	Acidez del almidón del maíz chulpi extraído.....	32
<b>Tabla 6-3:</b>	Datos para el proceso de fermentación .....	33
<b>Tabla 7-3:</b>	Rendimiento del almidón del maíz chulpi .....	34
<b>Tabla 8-3:</b>	Caracterización del almidón del maíz chulpi.....	36
<b>Tabla 9-3:</b>	Resultados obtenidos después del proceso de la hidrólisis ácida .....	37
<b>Tabla 9-3:</b>	Grados brix ajustados con glucosa comercial .....	37
<b>Tabla 10-3:</b>	Resultados de la fermentación láctica.....	38
<b>Tabla 11-3:</b>	Resultados de la destilación al vacío .....	40
<b>Tabla 12-3:</b>	Resultados de la concentración de ácido láctico obtenido de la fermentación .....	42
<b>Tabla 13-3:</b>	Resumen del diseño factorial.....	43

<b>Tabla 14-3:</b>	Resultado de los efectos para el diseño experimental .....	44
<b>Tabla 15-3:</b>	Resumen del diseño experimental .....	45
<b>Tabla 16-3:</b>	Análisis de varianza .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b>	Estructura del grano de maíz chulpi .....	4
<b>Figura 2-1.</b>	Amilosa y amilopectina .....	6
<b>Figura 3-1:</b>	Estructura espacial de los dos isómeros del ácido láctico .....	10
<b>Figura 4-1.</b>	Esquema tecnológico de producción de LA por síntesis química.....	11
<b>Figura 5-1.</b>	Fermentación láctica homofermentativa.....	11
<b>Figura 6-1.</b>	Espectroscopía infrarroja a) ácido láctico y b) poli (ácido láctico) .....	12
<b>Figura 1-3.</b>	Espectro del ácido láctico obtenido de la fermentación del almidón del maíz chulpi y <i>Lactobacillus rudii</i> .....	49
<b>Figura 2-3:</b>	Espectro de ácido láctico comercial .....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1-2:</b>	Esquema para la obtención del ácido láctico .....	23
<b>Gráfica 2-3:</b>	Gráfica del rendimiento de la obtención de almidón del maíz chulpi por vía húmeda.....	35
<b>Gráfica 3-3:</b>	Gráfica normal de efectos estandarizados.....	46
<b>Gráfica 4-3:</b>	Diagrama de Pareto de efectos estandarizados .....	46
<b>Gráfica 5-3:</b>	Probabilidad de concentración .....	47
<b>Gráfica 6-3:</b>	Gráfica de efectos principales para la concentración del ácido láctico.....	47
<b>Gráfica 7-3:</b>	Gráfica de cubos de medias ajustadas de la concentración de ácido láctico .....	48
<b>Gráfica 8-3:</b>	Gráfica de interacción para la concentración de ácido láctico.....	48

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-3:</b>	Residuos de calcinación.....	27
<b>Ecuación 2-3:</b>	Porcentaje de ácido láctico .....	29
<b>Ecuación 3-3:</b>	Rendimiento del almidón de maíz chulpi .....	33

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DEL MAÍZ CHULPI
- ANEXO B:** PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DEL MAÍZ CHULPI
- ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DEL MAÍZ CHULPI
- ANEXO D:** HIDRÓLISIS ÁCIDA DEL ALMIDÓN DEL MAÍZ CHULPI
- ANEXO E:** ACTIVACIÓN DE LA BACTERIA
- ANEXO F:** FERMENTACIÓN DEL ALMIDÓN Y LAS BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS
- ANEXO G:** SEPARACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO Y EL INÓCULO FERMENTADO
- ANEXO H:** CARACTERIZACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO
- ANEXO I:** RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL ALMIDÓN
- ANEXO J:** BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS



## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo la obtención de ácido láctico a partir del almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) con fermentación de bacterias ácido lácticas para su posterior uso en la industria cosmética. En primera instancia, se procedió a extraer el almidón por vía húmeda ya que estudios anteriores muestran que se obtiene un mejor rendimiento a diferencia de la extracción por vía seca; teniendo un rendimiento promedio de las tres repeticiones de 9,26%. Posteriormente, se realizó un proceso de hidrólisis ácida con ácido clorhídrico, con la finalidad de convertirlo en azúcares fermentables y de esta manera continuar con el siguiente proceso que corresponde a la fermentación con *Lactobacillus rudii* y Fermento R-703 procedimiento que se realizó a 30 y 40 grados Celsius, pH constante de  $6,5 \pm 0,03$  y 120 horas. El producto de fermentación fue llevado a una destilación al vacío a 61 grados Celsius con la finalidad de obtener el ácido láctico más puro, finalmente, se lo caracterizó para conocer el porcentaje de concentración, el cual fue de 2,27 el máximo obtenido con el *Lactobacillus rudii* a 40 grados Celsius, el pH final fue de 5,95 y presentó todas las bandas de cada grupo funcional mediante la espectroscopía infrarroja. Por otro lado, el menor rendimiento fue con el Fermento R-703 a 30 grados Celsius ya que la concentración de ácido láctico fue de 0,38% y pH de 4,7. A partir de los resultados obtenidos se concluye que el ácido láctico obtenido del *Lactobacillus rudii* y Fermento R-703 a 40 grados Celsius y del *Lactobacillus rudii* a 30 grados Celsius se pueden utilizar en productos cosméticos hidratantes. Sin embargo, para un mayor rendimiento en la concentración del ácido láctico, se recomienda mejorar el proceso de hidrólisis ácida de tal manera que se pueda utilizar en investigaciones posteriores para la elaboración de productos cosméticos exfoliantes

**Palabras clave:** <ALMIDÓN>, <MAÍZ CHULPI (*Zea mays sacchara*)>, <ÁCIDO LÁCTICO>, <FERMENTACIÓN>, <BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS >, <COSMÉTICOS>.

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente  
por LEONARDO FABIO  
MEDINA NUSTE  
Fecha: 2022.03.17  
12:04:56 -05'00'



0490-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The objective of this research project dealt with obtaining lactic acid from the starch of chulpi corn (*Zea mays sacchara*) with lactic acid bacteria fermentation for its subsequent use in the cosmetic industry. In the first instance, the starch was extracted by the wet method, since previous studies have shown that a better yield is obtained compared to the dry method, with an average yield of 9.26% for the three replicates. Subsequently, an acid hydrolysis process was carried out with hydrochloric acid in order to convert it into fermentable sugars and thus continue with the next process, which corresponds to fermentation with *Lactobacillus rudii* and Ferment R-703, a procedure that was carried out at 30 and 40 degrees Celsius, constant pH of  $6.5 \pm 0.03$  and 120 hours. The fermentation product was taken to a vacuum distillation at 61 degrees Celsius in order to obtain the purest lactic acid, finally, it was characterized in order to know the concentration percentage, which was 2.27 the maximum obtained with *Lactobacillus rudii* at 40 degrees Celsius; the final pH was 5.95 and presented all the bands of each functional group by infrared spectroscopy. On the other hand, the lowest yield was with Ferment R-703 at 30 degrees Celsius, since the concentration of lactic acid was 0.38% and 4.7 for the pH. From the results, it is concluded that the lactic acid obtained from *Lactobacillus rudii* and Ferment R-703 at 40 degrees Celsius and from *Lactobacillus rudii* at 30 degrees Celsius can be used in moisturizing cosmetic products. However, for a higher yield in the concentration of lactic acid, it is recommended to improve the acid hydrolysis process so that it can be used in further research for the elaboration of exfoliating cosmetic products.

**Keywords:** <STARCH>, <CHULPI CORN (*Zea mays sacchara*)>, <LACTIC ACID>, <FERMENTATION>, <LACTIC ACID BACTERIA>, <COSMETICS>.

ANA GABRIELA REINOSO ESPINOSA  
Firmado digitalmente  
por ANA GABRIELA  
REINOSO ESPINOSA  
Fecha: 2022.03.27  
22:58:53 -05'00'

## INTRODUCCIÓN

El ácido láctico es un compuesto muy versátil utilizado en todo tipo de industrias, en los últimos años ha ido creciendo su demanda ya que presenta importantes propiedades al momento de implementarse en los diversos productos especialmente en la cosmética, pues se ha demostrado los beneficios que presenta a la piel.

Generalmente en la industria cosmética los ácidos que se utilizan se los obtiene de manera sintética dentro de los laboratorios, como son: ácido glicólico, siendo el más utilizado y conocido en esta área, el ácido salicílico, ácido láctico, entre otros.

Debido al constante uso de estos productos y al notar los graves problemas a la piel que han acarreado estos ácidos sintéticos, se ha implementado la cosmetología natural donde se busca utilizar materia prima orgánica para su elaboración.

El uso de materia orgánica para la obtención del ácido láctico en este caso es el maíz chulpi lo que permitirá darle un valor agregado a este producto ecuatoriano característico de la región interandina, el mismo que es cultivado en varias provincias del sur del país principalmente para el consumo humano. Además, al incrementarse grupos sociales que trabajan en pos de la preservación del ambiente, se tiende a buscar alternativas sustentables ya que la mayoría de los productos utilizados actualmente provienen de la industria petroquímica.

En Ecuador la producción de ácido láctico es precaria pues como menciona (Delgado y Realpe 2019), en el país no existe la producción a nivel industrial de este ácido por vía biotecnológica, es decir, a partir de materia orgánica y la utilización de microorganismos.

Por lo tanto, se propone con este trabajo de titulación la obtención de ácido láctico por vía biotecnológica, utilizando el almidón del maíz chulpi como materia prima y la fermentación de bacterias ácido lácticas, mismas que pueden ser utilizadas en la industria cosmética especialmente para elaboración de cremas hidratantes y productos de aseo personal.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes de la investigación

El ácido láctico fue descubierto en 1780 por Scheele quien lo aisló en leche agria y consideró que era un componente de ésta(Escobar 2019a, p. 6). Posteriormente, Pasteur descubrió que no se trataba de un componente de la leche, por el contrario, era un metabolito generado por la fermentación de ciertos microorganismos, esto llevó a Fermi a producirlo a partir de la fermentación de carbohidratos como la sacarosa, lactosa, manitol, almidón y dextrosa y en 1881 Littleton empezó a efectuar la fermentación a escala industrial mediante un proceso microbiano en Estados Unidos(Escobar 2019b, p. 6).

Este ácido tiene una amplia gama de aplicaciones a nivel industrial donde es mayoritariamente consumido por la industria alimenticia y de bebidas ya que puede ser un agente emulsificante, acidulante, saborizante e inhibidor de deterioro bacteriano en una amplia variedad de alimentos procesados. También se lo utiliza en la industria farmacéutica en formulaciones como lociones, ungüentos, preparación de polímeros biodegradables para usos médicos, entre otros; en la química como neutralizante, solvente y limpiador(Tejada 2015, p. 37).

En cuanto al uso de ácido láctico en la cosmética, (Torres y López 2005) los autores dan a conocer que desde hace varios años atrás específicamente en los tiempos de los faraones se utilizaba diversos tratamientos de rejuvenecimiento donde las mujeres egipcias se bañaban en la leche fermentada ya que contenía un alto nivel de este compuesto el cual era capaz de suavizar la piel. Actualmente más del 90% de producción de ácido láctico se lo realiza por la vía fermentativa, no obstante, el precio de purificación del compuesto extraído resulta ser altamente costoso es por esta razón que se ha realizado una serie de investigaciones enfocadas en la disminución del costo de operación e incrementar la pureza del ácido láctico (Arias, Henao y Castrillón 2009, p. 148).

Urribarrí et al. (2004, p. 10), en su trabajo de investigación denominado “Producción de ácido láctico a partir del suero de leche, utilizando *Lactobacillus helveticus* en cultivo continuo” donde evaluaron dicho método para el crecimiento de la bacteria a condiciones de temperatura y pH adecuados que en este caso fue de 45°C y 5,9 el cual obtuvo excelentes resultados puesto que la máxima concentración de biomasa y ácido láctico en el estado estacionario fue de 55 y 10,97 Kg/m<sup>3</sup>, respectivamente a una tasa de dilución de 0,1 h<sup>-1</sup>, concluyendo que el *Lactobacillus helveticus* presenta una gran afinidad al momento de utilizar el suero de leche como materia prima.

Por otro lado, Arias, Henao y Castrillón (2009, p. 149), en su estudio sobre la “Producción de ácido láctico por fermentación de mucílago de café con *Lactobacillus bulgaricus* NRRL-B548”

donde muestra que la mayor concentración final de ácido láctico fue 41 g/l, obtenida con un inóculo de 10 g/l y una concentración inicial de azúcares reductores totales de 60 g/l concluyendo que los rendimientos y productividades obtenidos podrían ser mejorados optimizando otros parámetros de operación en los que se encuentran la agitación y temperatura del proceso, además sugiere que se aplique estrategias de remoción del ácido láctico del medio en la medida que se va formando para aumentar la conversión de sustrato en producto.

Considerando residuos agroindustriales como materia prima, Soto (2015, p. 37-40) en su estudio “Evaluación de la producción de ácido láctico empleando residuo de mora y suero de leche en sistema de lote”, utilizaron proporciones mora: suero 30:70, 50:50 y 70:30, empleando lactobacillus sp., donde la mejor concentración para cada una de las mezclas fue  $461,068 \pm 0,118$ ;  $884,442 \pm 0,089$  y  $845,600 \pm 0,089$   $\mu\text{g}$  Ácido Láctico/L respectivamente durante 20 horas del bioproceso.

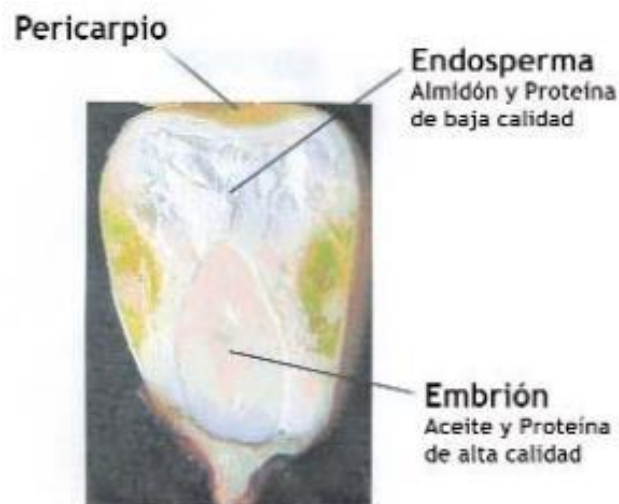
En lo que respecta a la síntesis de ácido láctico a partir del almidón de carbohidratos, Calvopiña y Manotoa (2020, p. 56), en su trabajo de titulación denominado “Obtención de ácido láctico a partir de lactosuero y almidón de papa mediante fermentación láctica” presenta que el porcentaje de acidez titulable es del 4,998% con un costo de producción de \$3,37 por 250 mililitros de ácido láctico esto debido al pretratamiento que se debe realizar al almidón para obtener el porcentaje adecuado de azúcares reductores totales. Sin embargo, Iñiguez y Castillo (2011, p. 125), en su estudio “Obtención de ácido láctico a partir de lactosuero y almidón de papa mediante fermentación láctica” obtiene el 0,365% de ácido láctico libre el cual justifica que se debe a la temperatura de operación al que fue sometida la cepa ya que el rango óptimo se encuentra entre 22 a 30 °C, menores a este provocan que la bacteria no crezca y superiores hacen que muera.

## 1.2. Marco teórico

### 1.2.1. Maíz Chulpi

El maíz chulpi o *Zea mays sacchara* es una planta gramínea, presenta un tallo cilíndrico, hojas largas y gruesas. Se caracteriza por ser un maíz dulce, por lo tanto, posee un alto contenido de azúcar en el grano, su maduración es temprana, tiene mazorca pequeña, su endospermo es vítreo arrugado y de color amarillento, el pericarpio es incoloro, y la tuza es de color blanquecina (Guacho 2014, p. 4).

El grano de maíz, en su mayor parte posee alrededor del 50 al 70% de carbohidratos el cual hace referencia al almidón y a otros polisacáridos como la fibra. En el endospermo, el almidón se encuentra situado en un rango del 86 al 89% (Astrid, Imad y Luis 2005). Por otro lado, (Alvarez 2006, p. 9), manifiesta que en el endospermo se encuentra cerca del 74% de proteínas, mientras que en el germen, el cual es el 12% de peso en seco, se encuentra el 83% de lípidos y 26% de proteínas.



**Figura 1-1.** Estructura del grano de maíz chulpi

**Fuente:** Alvarez 2006, p. 9.

En Ecuador el cultivo del maíz chulpi se da principalmente en la sierra norte que corresponde a las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha y parte de la sierra centro como es la provincia de Chimborazo. Este maíz es consumido en su mayoría como tostado, harina o molido (Chaqui 2013, p. 4).

- **Clasificación Taxonómica**

**Tabla 1-1:** Taxonomía del Maíz Chulpi

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Espermatofitas o fanerógamas
<b>Subdivisión</b>	Angiosperma
<b>Clase</b>	Monocotiledónea
<b>Subclase</b>	Glumiflorae
<b>Orden</b>	Poales
<b>Familia</b>	Poaceas o Gramineas
<b>Tribu</b>	Maydeae
<b>Genero</b>	Zea
<b>Especie</b>	Zea mays sacchara

Fuente: Sánchez 2014a, p. 151.

Realizado por: Guamán 2021.

- **Composición nutricional del Maíz**

Según Sánchez (2014a), existe varias formas de utilizar cada una de las partes de la planta del maíz ya que cada una de ellas tiene una composición. El endospermo corresponde al almidón, no obstante, también posee ciertas proteínas y aceites, sin embargo, este último se encuentra concentrado en su mayoría en el germen presentando un alto contenido proteico(Sánchez 2014b, p. 156). En la Tabla 2-1 se puede visualizar de manera general la composición nutricional básica del grano de maíz:

**Tabla 2-1:** Peso y composición de las partes del grano de Maíz

<b>Composición (%)</b>	<b>Endospermo</b>	<b>Embrión</b>
Almidón	87,6	8,3
Grasas	0,8	33,2
Proteínas	8,0	18,4
Cenizas	0,3	10,5
Azúcares	0,6	10,8
Resto	2,7	18,8
Materia seca	83,0	11,0
<b>Composición (%)</b>	<b>Pericarpio</b>	<b>Escutelo</b>

Almidón	7,3	5,3
Grasas	1,0	3,8
Proteínas	3,7	9,1
Cenizas	0,8	1,6
Azúcares	0,3	1,6
Resto	86,9	78,6
Materia seca	5,2	0,8

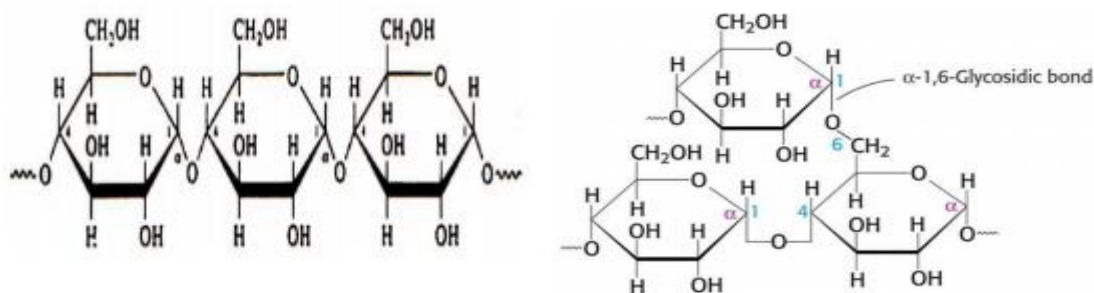
Fuente: Sánchez 2014c, p. 156.

Realizado por: Guamán 2021.

### 1.2.2. Almidón

El almidón es un carbohidrato que constituye una fuente energética de los vegetales, se encuentra formado por el  $\alpha$ -D- glucopiranososa en cadenas lineales unidos en la amilosa con enlaces  $\alpha$  (1,4) o a su vez ramificados con enlaces  $\alpha$  (1,6) sobre las cadenas de amilopectina  $\alpha$  (1,4)(Delgado 2018, p. 5). Se lo almacena en gránulos y su tamaño varía entre 10 y 100  $\mu\text{m}$  de diámetro el cual es un factor determinante para su procesamiento puesto que alteran la solubilidad y el poder de hinchamiento del granulo, además, llegan a constituir hasta el 70% del peso de granos como el maíz, el trigo o de tubérculos(Bustamante y Peralta 2018, p. 16).

Gran parte de la amilosa se encuentra en las zonas amorfas pese a que existe cierta fracción de amilopectina, ésta predomina en las zonas cristalinas, por lo tanto, la amilopectina tiene una estructura más estable que hace difícil realizar la ruptura de sus enlaces, provocando una degradación más lenta en comparación con amilosa(Bernal et al. 2017, p. 131).



**Figura 2-1.** Amilosa y amilopectina

Fuente: Garcia y Salmerón 2019, p. 9.



#### *1.2.2.1. Almidón de maíz*

Es un polisacárido que se obtiene al moler diferentes variedades del maíz. Se presenta como partículas complejas que en presencia con el agua forman suspensiones con muy poca viscosidad. Se compone principalmente de glucosa, no obstante, puede presentar otros componentes como la dextrosa, entre otros. Este almidón debe conservarse en lugares secos y frescos evitando el contacto con olores fuertes, se presenta como un polvo muy fino de color blanco o amarillento dependiendo del grano y posee un olor característico.

#### *1.2.2.2. Extracción del almidón*

Para la extracción del almidón se utiliza una serie de operaciones unitarias que van a depender de la planta y la finalidad de uso del producto final. Se conocen dos vías de extracción; la molienda en húmedo la cual se emplea en los cereales y consiste en separar el núcleo del grano en sus componentes químicos; almidón, proteína, aceite y fibra, por otro lado, la molienda de vía seca que se basa en la división del grano en sus componentes anatómicos como son el endospermo, salvado y germen (Barraza 2016a, p. 14).

#### *1.2.2.3. Extracción del almidón de maíz por vía húmeda*

Según Barraza (2016, p. 21), esta molienda ha sido practicada desde hace varios años atrás se emplea en los cereales con la finalidad de eliminar el pericarpio, la epidermis y la capa aleurona, estas son conocidas comúnmente como salvado. Otra característica de este método es que se elimina el germen ya que posee un alto contenido de aceite haciendo que el producto final se enrancie con mayor rapidez por lo que pierde su calidad.

#### *1.2.2.4. Gelatinización*

Es el proceso donde los gránulos de almidón que son insolubles en agua fría se hinchan al calentarse en un medio acuoso a altas temperaturas, más conocida como temperatura de gelatinización, ésta dependerá de la materia prima pues el rango se encuentra entre los 60 y 70 °C, no obstante, el almidón del maíz puede llegar a hasta los 90°C. Inicia con la absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas menos organizadas y más accesibles (Marín 2016, p. 6). La gelatinización es un proceso endotérmico mismo que va acompañada de la lixiviación de la amilosa y pérdida de la birrefringencia del gránulo. Finalmente, se genera una pasta en la que existen cadenas de amilosa de bajo peso molecular altamente hidratadas que rodean a los restos de los gránulos hidratados (Lisi 2012).

#### *1.2.2.5. Operaciones unitarias utilizadas en la extracción del almidón*

Durante el proceso de obtención del almidón se llevan a cabo una serie de operaciones unitarias las cuales facilitan la extracción del producto que se requiere adquirir, por lo tanto, son descritas a continuación:

- **Lavado**

Este proceso consiste en eliminar las impurezas que trae la materia prima como tierra, pequeñas piedras, residuos de la tusa, entre otros, para lo cual se procede a separar el grano y a limpiar con abundante agua con la finalidad de purificarlo. Esta etapa es importante para evitar complicaciones al momento de ejecutar otra operación y así evitar la contaminación del producto final(Cuadrado 2019a, p. 20).

- **Secado**

Esta operación unitaria es una de las más importantes en la industria ya que consiste en separar parcial o en su totalidad la humedad del sólido a través de la evaporación en una corriente gaseosa, por lo que implica una transferencia de masa y de calor durante el proceso. Generalmente la humedad resulta ser vapor de agua mientras que el gas que se utiliza para esta operación es el aire, por lo que existe una disminución de peso del producto final(Brito 2001, p. 29).

- **Molienda**

En este proceso se procede a reducir el tamaño de las partículas a partir de la trituración del sólido para evitar que este pierda sus propiedades(Cuadrado 2019, p. 20).

- **Tamizado**

Es una operación unitaria que consiste en separar las partículas de un sólido por tamaños, quedando retenidas las más grandes y pasando las de menor tamaño a través del tamiz(Brito 2000, p. 33).

- **Sedimentación**

Es la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido. La remoción de partículas en

suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua o que han sido suspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior (Maldonado 2015, p. 3).

- **Decantación**

La decantación es un proceso de separación por gravedad que hace que una partícula, más densa que el líquido, tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo de un decantador. La decantación depende de la densidad del líquido, tamaño, peso específico y características de las partículas. Esta operación es eficaz cuando el tamaño y la densidad de las partículas a separar son mayores que la del líquido. La velocidad de sedimentación depende de la morfología de las partículas, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos (Pereira 2016a).

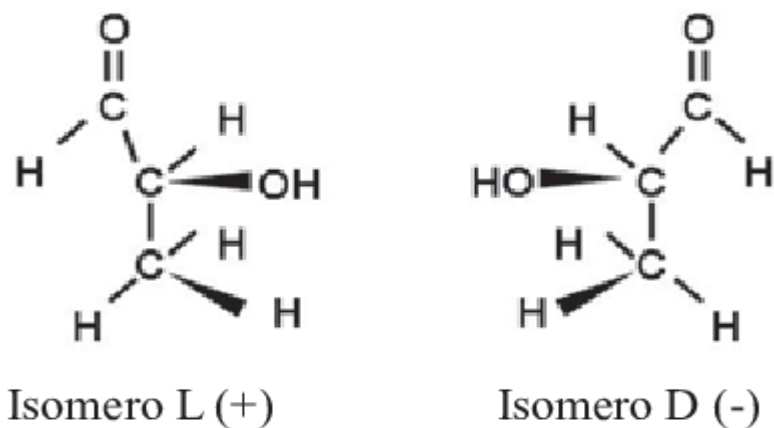
- **Filtración**

Es un proceso utilizado para separar los componentes de un sistema en el que existen dos fases, una sólida y otra líquida. Una de las aplicaciones más frecuentes de la filtración es separar un producto sólido de una mezcla reaccionante. Las fase sólida y líquida constituyen en conjunto la llamada mezcla reaccionante. El producto sólido es el precipitado, la fase líquida se llama líquido sobrenadante (Pereira 2016b).

### ***1.2.3. Ácido láctico***

Es un ácido orgánico cuya nomenclatura es ácido 2-hidroxi-propanoico o ácido  $\alpha$ -hidroxipropanoico, en su forma ionizada se lo conoce como lactato. Se trata de una molécula monocarboxílica la cual es producida durante el metabolismo anaeróbico láctico, además, es un compuesto que se utiliza frecuentemente en procesos bioquímicos (Calvopiña y Manotoa 2020, p. 6).

En su estructura se encuentra un grupo hidroxilo en el carbono adyacente al grupo carboxilo, por lo tanto, es un ácido carboxílico quirómetro, es decir posee dos isómeros ópticos; el dextrógiro D-(-)-láctico y el levógiro L-(+)-láctico el cual resulta tener mayor importancia biológica (Iñiguez y Castillo 2011, p. 63). La diferencia de entre estos dos isómeros es que el L (+) es sintetizado por el organismo del ser humano, ambas configuraciones se encuentran en estado líquido y resultan ser solubles en agua e incoloros (Panesso, Pardo y Sepúlveda 2015, p. 3).



**Figura 3-1:** Estructura espacial de los dos isómeros del ácido láctico

Fuente: Gómez et al. 2008, p. 70.

- **Propiedades físico químicas del ácido láctico**

**Tabla 3-1:** Propiedades físico químicas del ácido láctico

<b>Fórmula molecular</b>	$C_3H_6O_3$
<b>Peso molecular</b>	90,08 g/mol
<b>Forma/ estado</b>	Líquido
<b>Apariencia</b>	Pálido
<b>Color</b>	Amarillento claro o incoloro
<b>Olor</b>	Característico
<b>Umbral olfativo</b>	No hay datos disponibles
<b>Acidez (<math>pK_a</math>)</b>	3,5
<b>pH</b>	Mayor a 1,2 a 25°C
<b>Velocidad de evaporización relativa (acetato de butilo=1)</b>	No hay datos disponibles
<b>Punto de fusión</b>	No hay datos disponibles
<b>Punto de solidificación</b>	No aplicable
<b>Punto de ebullición</b>	120-130 °C
<b>Densidad</b>	1,206 kg/m <sup>3</sup> ; 1,206 g/cm <sup>3</sup>
<b>Punto de inflamación</b>	No aplicable
<b>Temperatura de autoignición</b>	> 400 °C No aplicable
<b>Temperatura de descomposición</b>	> 200 °C

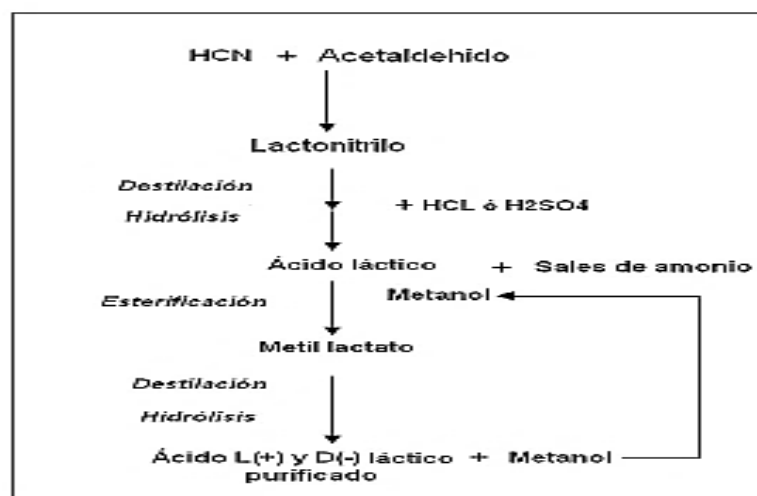
Fuente: LAFFORT 2018, pp. 6-7

Realizado por: Guamán, A 2021.

### 1.2.3.1. Mecanismos de obtención del ácido láctico

El ácido láctico se puede extraer por síntesis química o por biofermentación, ésta última resulta ser la más utilizada para obtener un ácido láctico ópticamente puro (Tejada 2015a, p. 37).

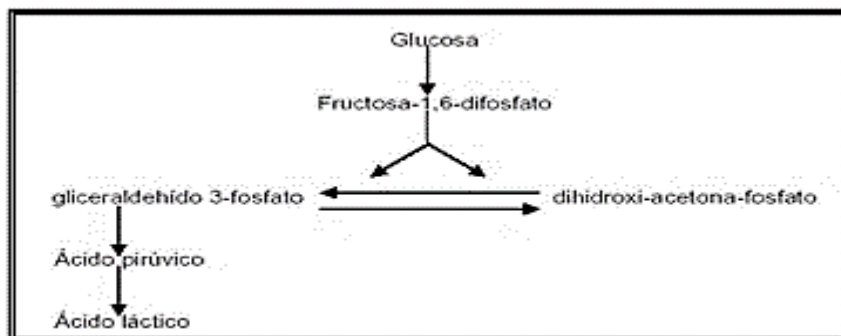
En la síntesis química se procede a agregar el cianuro de hidrogeno al acetaldehído en presencia de una base para obtener el lactonitrilo, se trata de una reacción en fase líquida que requiere altas presiones. El producto generado es purificado mediante la evaporización y posteriormente es hidrolizado utilizando el ácido clorhídrico concentrado o a su vez ácido sulfúrico para finalmente tener el ácido láctico y sal de amonio (Serna-Cock y Stouvenel 2005, p. 55).



**Figura 4-1.** Esquema tecnológico de producción de LA por síntesis química

Fuente: Burgos 2018, p. 32.

Por otro lado, la producción biotecnológica consiste en fermentar sustratos ricos en hidratos de carbono ya sea por bacterias u hongos. La ventaja de utilizar este método es que se puede obtener el isómero D (-) o L (+) dependiendo del microorganismo que se utilice, el pH, la temperatura, la materia orgánica, etc. (Tejada 2015b, p. 37).



**Figura 5-1.** Fermentación láctica homofermentativa

Fuente: Patiño 2011, p. 13.

### 1.2.3.2. Aplicaciones del ácido láctico en la industria cosmética

Dentro de esta industria el ácido láctico ha sido utilizado para el tratamiento de diversas infecciones cutáneas y vaginales. En concentraciones bajas, el ácido láctico actúa como hidratante y acidificante de tal manera que favorece la elasticidad de la piel, mientras que a soluciones altas actúa como peeling de renovación celular (Goldoni 2013, p. 2).

En bebés resulta ser un agente bactericida para la piel a una solución del 10% y es muy común su uso para corregir el pH de fórmulas como champús, emulsiones, geles, jabones, etc.,

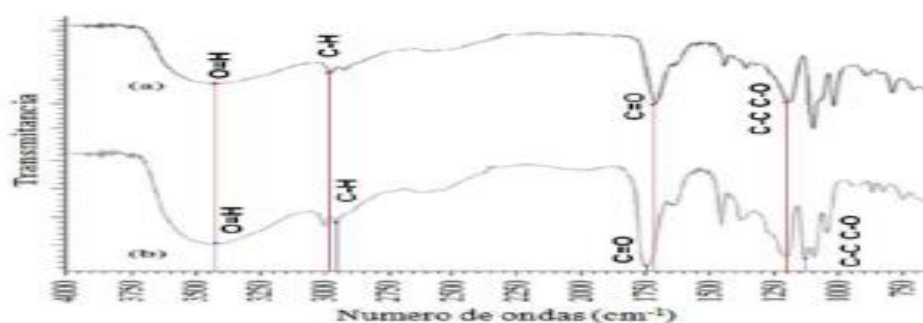
A dosis bajas es hidratante y astringente, y a dosis más elevadas produce un efecto peeling lo que quiere decir que es un rejuvenecedor celular no obstante, este efecto decrece al aumentar el pH (Goldoni 2013, p. 2).

En los últimos tiempos este ácido ha sido reemplazado por la glicerina puesto a que el poder hidratante resulta ser mucho más efectivo ya que incrementa el estrato córneo, además, se ha empleado para el tratamiento de verrugas y estomatitis aftosa en pacientes inmunodeprimidos en estado terminal (FAGRÓN IBÉRICA 2011, p. 2).

- **Métodos para determinar la presencia de ácido láctico**

Existen algunos métodos para determinar la presencia de ácido láctico, pero por su complejidad y alto costo es que los más utilizados son la acidez titulable que se basa principalmente en titular con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 0,1N utilizando a la fenolftaleína como indicador y la espectroscopia infrarroja la cual mide la interacción de los niveles de las vibraciones de los enlaces covalentes con radiación infrarroja (Hoyos 2012a, p. 10). Es sensible a la presencia o ausencia de grupos funcionales lo cual facilita determinar la composición química de la muestra a analizar.

La absorción de la radiación infrarroja hace que las moléculas de la muestra pasen desde su estado normal a uno o varios estados excitados de energía más elevada generando cambios vibracionales y rotacionales en las moléculas (Hoyos 2012b, p. 10).



**Figura 6-1.** Espectroscopía infrarroja a) ácido láctico y b) poli(ácido láctico)  
Fuente: Medina et al. 2014.

#### **1.2.4. Fermentación**

Proceso metabólico que genera energía y el sustrato da lugar a una mezcla de productos finales, unos más oxidados y otros más reducidos que la sustancia fermentada. Los carbohidratos son muy buenos sustratos para los procesos fermentativos pese a que las bacterias pueden también fermentar ácidos orgánicos, aminoácidos, piridinas y pirimidinas (Carbonero 1975, p. 3).

La fermentación es anaeróbica ya que sucede en ausencia de oxígeno lo que significa que el aceptor final de los electrones de NADH que se dan en la glucólisis no es el oxígeno, por el contrario, es un compuesto orgánico, mismo que se reducirá para poder reoxidar el NADH a NAD<sup>+</sup>. El compuesto orgánico que se reduce sea el acetaldehído o piruvato es un derivado del sustrato que ya se ha oxidado (Bailon 2012, p. 18).

##### **1.2.4.1. Fermentación láctica**

La fermentación láctica resulta ser de los procesos más utilizados en la conservación de alimentos. Se encarga de formar metabolitos, ácidos orgánicos, etanol, dióxido de carbono y bacteriocinas. El efecto de los metabolitos aumenta con la interferencia microbiana, puesto que inhiben el crecimiento de algunos microorganismos contaminantes, por lo contrario, otros proliferan en el mismo sustrato. Sin embargo, la flora a inhibir debe ser superada por la flora adicionada (Benavides 2019, p. 5).

##### **1.2.5. Bacterias lácticas**

Las bacterias lácticas (BAL) son microorganismos de varios géneros con características comunes en la morfología, fisiología y metabolismo (Ramírez et al. 2011a). Están conformadas por bacterias Gram positivas ya sea cocos o bacilos se caracterizan por ser anaerobias y por producir ácido láctico como resultado de la fermentación de carbohidratos además sintetizan ATP en la fermentación láctica de glúcidos (Agudelo et al. 2015). Estas bacterias se clasifican en homofermentativas que obtiene como producto final únicamente el ácido láctico y las heterofermentativas que se encargan de producir además de ácido láctico el etanol, acetato y CO<sub>2</sub> (Ramírez et al. 2011b, p. 2).

Las bacterias ácido lácticas que producen L-láctico en exceso, general el ácido D-láctico debido a la presencia del D-lactato deshidrogenasa que tiene muy baja actividad, además, algunas de estas bacterias como el *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus plantarum* y *Lactococcus lactis* poseen la enzima lactato racemasa la cual es inducida por el ácido L-láctico acumulado y es lo que lo convierte en el isómero D hasta que éste alcance el equilibrio. La principal desventaja de

este proceso es que genera altas impurezas y por ende, el costo de purificación resulta ser mucho más costoso(Burgos 2018, p. 26).

#### 1.2.5.1. *Lactobacillus ruidii*

Bacterias heterofermentativas y grampositivas, su forma se asemeja a una varilla y tienden a medir  $1,1-2,7 \times 0,7-1,2 \mu\text{m}$ , son de color blanquecino y se encargan de producir el L-lactato y D-lactato a partir de la D- glucosa, D-xilosa, D-ribosa, D-galactosa, sacarosa, rafinosa, etc. El crecimiento celular ocurre en un rango de 30 a 37 °C y con pH de 4.0 a 8.0 donde el principal medio es en un caldo MRS. Generalmente se las encuentra en productos lácteos y embutidos(Li et al. 2021, p. 21).

#### 1.2.5.2. *Fermento láctico R-703*

Este fermento posee cepas de *Lactococcus lactis subsp. lactis* y *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, son cultivos termófilos o mesófilos y homofermentativos que al igual que todas las bacterias lácticas su principal producto es el ácido láctico el cual pasa por el proceso de Embden-Meyer. Estas bacterias degradan la lactosa y glucosa y el crecimiento bacteriano ocurre a condiciones controladas(Patiño 2011).

#### 1.2.5.3. *Lactococcus lactis*

La *Lactococcus lactis* es una bacteria del ácido láctico (LAB) comúnmente dominante en la leche y los productos lácteos fermentados. Las *L. lactis* poseen tres subespecies (*L. lactis subespecie cremoris*, *L. lactis subespecie lactis* y *L. lactis subespecie hordniae*) más una biovariedad formadora de diacetilo (*L. lactis subespecie lactis biovaria diacetylactis*)(Fernández et al. 2011). *L. lactis subsp. lactis* se distingue de *L. lactis subsp. cremoris* según criterios fenotípicos como: la capacidad de crecer a 40 ° C en NaCl al 4% y a pH 9,2, la capacidad de fermentar maltosa y la capacidad de desaminar la arginina, además, las cepas de cremoris son negativas(Fernández et al. 2011).



- **Taxonomía del *Lactococcus lactis cremoris***

**Tabla 4-1:** Taxonomía del *Lactobacillus lactis cremoris*

<b>Name doi</b>	10.1601/nm.5697
<b>Name</b>	<i>Lactococcus lactis cremoris</i> (Orla-Jensen 1919) Schleifer et al. 1986.
<b>Name status</b>	Validly Published
<b>Current authority</b>	(Orla-Jensen 1919) Schleifer et al. 1986.
<b>Taxonomic rank</b>	Subspecies
<b>Nomenclatural type (designated strain)</b>	Refer to the type of exemplar
<b>Taxonomy</b>	10.1601/nm.5697
<b>Rype strain</b> <b>Represenative organism</b>	H.P. Whitehead (=HP=NBRC 100676 =NCIB 8662 =LMG 6897 =ATCC 19257 =GIFU 8590 =GTC 236 =NCDO 607 =DSM 20069 =CIP 102301 =KACC 13438 =IMET 10707 =JCM 16167

**Fuente:** NamesforLife 2016.

**Realizado por:** Guamán, A 2021.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Objetivos

##### 2.1.1. *Objetivo General*

Obtener ácido láctico a partir del almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*), utilizando la fermentación de bacterias ácido lácticas para su uso en la industria cosmética.

##### 2.1.2. *Objetivos Específicos*

- Extraer el almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) mediante el método de vía húmeda.
- Realizar el proceso de fermentación del almidón del maíz chulpi utilizando bacterias ácido lácticas.
- Separar el ácido láctico del inóculo fermentado empleando la destilación al vacío.
- Caracterizar el ácido láctico obtenido mediante análisis instrumental para su uso en la industria cosmética.

#### 2.2. Hipótesis y especificación de variables

##### 2.2.1. *Hipótesis General*

La vía fermentativa del almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) permite la obtención de ácido láctico con las propiedades adecuadas para su uso en la industria cosmética.

##### 2.2.2. *Hipótesis específicas*

- H1. Con el método de vía húmeda será posible obtener almidón del maíz chulpi al utilizar diferentes operaciones unitarias.
- H2. La temperatura, pH y tiempo como condiciones de fermentación permitirán realizar un proceso adecuado para la obtención del ácido láctico.
- H3. La destilación al vacío permitirá separar el ácido láctico del inóculo fermentado para conseguir un producto más puro.

- H4. Es posible caracterizar el ácido láctico mediante el análisis instrumental, mismo que permitirá detectar la presencia de dicho compuesto para su uso en la industria cosmética.

### 2.2.3. Identificación de variables

**Tabla 1-2:** Identificación de variables en el proceso de obtención del ácido láctico

<b>Etapas del Proceso</b>	<b>Variables independientes</b>	<b>Variables dependientes</b>
<b>Extracción del almidón</b>	Cantidad del almidón extraído	pH Grados Brix
<b>Fermentación con bacterias ácido lácticas</b>	Tiempo de fermentación Temperatura de incubación	pH de la solución
<b>Separación del ácido láctico y el inóculo fermentado</b>	Tiempo de destilación al vacío	Temperatura de destilación al vacío
<b>Obtención del ácido láctico</b>	Volumen final de ácido láctico	Concentración de ácido láctico pH

Realizado por: Guamán, A 2021.

#### 2.2.4. Operacionalización de variables

**Tabla 2-2:** Operacionalización de variables en el proceso de obtención de ácido láctico

Variable	Tipo de variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición
Tiempo de secado del almidón	Independiente	Periodo en el que se desarrolla un proceso	10 horas	-Horas	Cronómetro
Tiempo de incubación			24 horas		
Tiempo de fermentación			120 horas		
Humedad	Dependiente	Cantidad de agua contenido en la materia prima	-	-Porcentaje de humedad	Balanza de humedad
Temperatura	Independiente	Magnitud física encarga de la medición de energía o calor	Temperatura de secado	-Grados Celsius (°C)	Estufa Agitador magnético Incubadora
			Temperatura de la hidrolisis ácida		
			Temperatura de fermentación		
			Temperatura de destilación simple		

Presión	Independiente	Magnitud física que se encarga de medir la fuerza ejercida por unidad de superficie	Hidrólisis ácida	-Presión manométrica	Manómetro
Cantidad de materia prima	Independiente	Magnitud de carácter cuantitativo para la obtención de almidón	-	-Gramos	-Balanza analítica
Medios de Cultivo	Independiente	Solución que contiene nutrientes necesarios para el crecimiento bacteriano	-Medio de Cultivo MRS	- Gramos	- Balanza analítica - Probeta
Inóculo	Independiente	Cantidad de la solución de bacteria en agua peptona en el medio MRS	Cantidad de medio enriquecido	- ml	Micropipeta Pipeta volumétrica Pipeta graduada
			Cantidad de hidrolizado		
pH	Dependiente	Es una medida de acidez y alcalinidad de sustancias que va de un rango de 0 a 14	- pH del almidón	- Acidez	Potenciómetro
			pH del hidrolizado		
			pH de la fermentación		
Concentración de ácido láctico	Dependiente	Cantidad en la que se encuentra el ácido láctico	Acidez titulable	Concentración	-Bureta
			Espectroscopía infrarroja	Picos de grupos funcionales	-Espectrofotómetro infrarrojo

Realizado por: Guamán, A 2021.

### 2.2.5. Matriz de consistencia

**Tabla 3-2:** Matriz de consistencia

<b>Aspectos Generales</b>				
<b>Problema General</b>		<b>Objetivo General</b>		<b>Hipótesis General</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debido a los contaminantes que genera la industria cosmética por el uso de derivados petroquímicos en sus productos, se busca emplear materia prima orgánica renovable y de bajo costo. El ácido láctico obtenido de la fermentación del almidón suplantaría a los químicos que utilizan las grandes empresas en sus productos exfoliantes e hidratantes.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtener ácido láctico a partir del almidón del maíz chulpi (<i>Zea mays sacchara</i>), utilizando la fermentación de bacterias ácido lácticas para su uso en la industria cosmética.</li> </ul>		<p>La vía fermentativa del almidón del maíz chulpi (<i>Zea mays sacchara</i>) permitirá la obtención de ácido láctico con las propiedades adecuadas para su uso en la industria cosmética.</p>
<b>Aspectos Específicos</b>				
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	<b>Variables</b>	<b>Técnicas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Es factible obtener el almidón de maíz chulpi a partir del método húmedo?</li> </ul>	<p>Extraer el almidón del maíz chulpi (<i>Zea mays sacchara</i>) mediante el método de vía húmeda.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H1. Con el método de vía húmeda será posible obtener almidón del maíz chulpi al utilizar diferentes operaciones unitarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solubilidad</li> <li>- Tiempo</li> <li>- Temperatura</li> <li>- pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extracción del almidón por vía húmeda</li> <li>- Medida del tiempo de secado</li> </ul>

<p>- ¿De qué manera influyen las condiciones de fermentación del almidón del maíz chulpi y las bacterias para la obtención del ácido láctico?</p>	<p>Realizar el proceso de fermentación del almidón del maíz chulpi utilizando bacterias ácido lácticas.</p>	<p>H2. La temperatura, pH y tiempo como condiciones de fermentación permitirán realizar un proceso adecuado para la obtención del ácido láctico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo</li> <li>- Concentración de sustratos</li> <li>- Temperatura de incubación</li> <li>- pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fermentación anaeróbica de las bacterias ácido láctica</li> </ul>
<p>- ¿La destilación permite separar líquidos de diferente punto de ebullición?</p>	<p>Separar el ácido láctico del inóculo fermentado a partir de la destilación.</p>	<p>H3. La destilación al vacío permitirá separar el ácido láctico del inóculo fermentado para conseguir un producto más puro</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura de destilación</li> <li>- Tiempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Destilación al vacío</li> </ul>
<p>- ¿Cómo se puede identificar la presencia de ácido láctico posterior a la biofermentación?</p>	<p>Caracterizar el ácido láctico obtenido mediante análisis instrumental para su uso en la industria cosmética.</p>	<p>H4. Es posible caracterizar el ácido láctico mediante el análisis instrumental, mismo que permitirá detectar la presencia de dicho compuesto para su uso en la industria cosmética.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen de ácido láctico</li> <li>- Concentración de ácido láctico</li> <li>- pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acidez titulable</li> <li>- Espectroscopía infrarroja</li> </ul>

Realizado por: Guamán, A 2021.

## 2.3. Tipo y diseño de la investigación

### 2.3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo es de investigación cuantitativa ya que el objetivo es obtener ácido láctico a partir de almidón del maíz chulpi al fermentar bacterias lácticas, por lo tanto, el método cuantitativo permitirá encontrar las condiciones más favorables de este proceso a través del uso del análisis de varianza ANOVA cuyos datos serán recogidos durante la experimentación. Por otro lado, mediante el método deductivo se podrá identificar el diseño adecuado para este proceso a partir de los resultados generados, de esta manera, contribuir a la industria cosmética para el uso de ácidos orgánicos.

### 2.3.2. Diseño Experimental de la investigación

El diseño experimental de la investigación se basa en el objetivo de obtener el ácido láctico por fermentación láctica, de modo que las variables independientes que se manipularan son: la temperatura de incubación y las bacterias ácido lácticas que en este caso será el fermento R-703 y el *Lactobacillus rudii*, por lo tanto, el diseño factorial de la investigación es  $2^k$  considerando que el tiempo de fermentación será de aproximadamente 24 horas para cada caso siendo esta última la variable que quedará fija tal y como se muestra en la tabla .

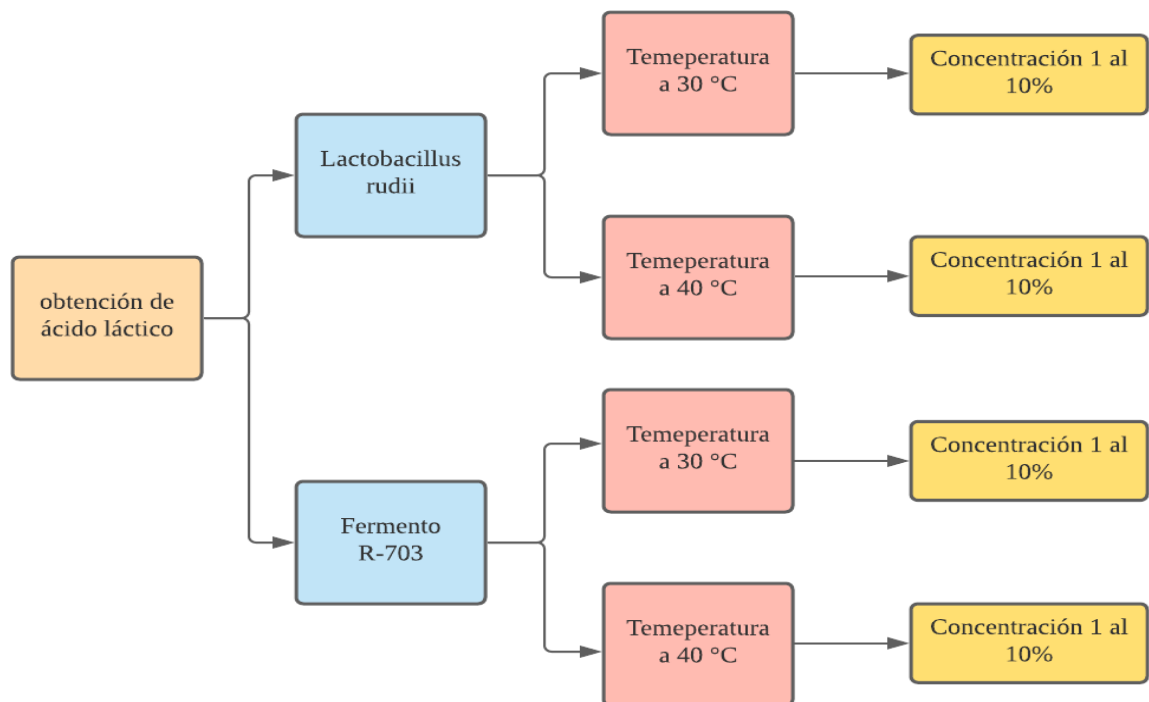
**Tabla 4-2:** Variables del proceso para la obtención del ácido láctico

Factores	Niveles	
	1	2
Bacteria ácido láctica	Lactobacillus rudii	Fermento R-703
Temperatura	30 °C	40 °C

Realizado por: Guamán A 2021.

En la gráfica 1-2 se presentan las pruebas experimentales que se realizarán para la obtención del ácido láctico.





**Gráfica 1-2:** Esquema para la obtención del ácido láctico

**Realizado:** Guamán, A 2021.

### 2.3.2.1. Descripción de equipos, materiales, reactivos y materia prima

Para el presente trabajo de investigación se utilizó los materiales, equipos y reactivos proporcionados por los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Por otro lado, la materia prima fue adquirida en el mercado Central de la ciudad de Ambato mismos que son detallados a continuación:

#### ▪ Equipos

- Molino
- Tamiz 180 micrómetros
- Agitador magnético
- Termo balanza
- Estufa
- Desecador
- Mufla
- Balanza analítica
- Equipo de filtrado al vacío
- pH metro
- Autoclave marca tuttner
- Jarra anaeróbica marca labtech
- Estufa microbiológica
- Refractómetro
- Rotavapor

▪ **Materiales**

- Reverbero
- Malla metálica
- Vasos de precipitación de 250 ml y 500 ml
- Varilla de agitación
- Vidrio reloj
- Balón de aforo
- Piseta
- Matraz Erlenmeyer de 100, 250 y 500 ml
- Pipeta graduada de 1ml y 10 ml
- Pera de succión
- Papel aluminio
- Algodón
- Espátula
- Tiras de pH

▪ **Reactivos**

- Ácido Clorhídrico al 98%
- Hidróxido de Sodio 0,1 N
- Fenolftaleína
- Agua destilada

▪ **Sustancias**

- MRS broth
- Lactobacillus ruidii
- Fermento R-703
- Maíz chulpi

**2.4. Unidad de análisis**

La unidad de análisis para este proyecto de investigación es el almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) el cual será analizado con la finalidad de conocer el porcentaje de azúcares reductores de la materia prima para ser sometido al proceso de fermentación con bacterias ácido lácticas donde finalmente, el producto generado, en este caso, el ácido láctico será caracterizado para

conocer la concentración e identificar los grupos funcionales característico de este compuesto orgánico por espectroscopía infrarroja.

## **2.5. Población de estudio**

La población corresponde al maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) que provino de la bodega del mercado central de Ambato los mismos que se inspeccionaron cuidadosamente para conseguir una materia prima de calidad, libre del gorgojo característico de este grano y de esta manera evitar complicaciones durante la experimentación.

Por otro lado, las bacterias ácido lácticas se adquirieron en un centro de insumos lácteos donde se dedican a la venta de fermentos para elaboración de yogurt, quesos, etc. No obstante, una de las especies a utilizar se obtuvo del centro de investigación de industrias pecuarias con su proyecto “Aislamiento, purificación y selección de microorganismos de interés agroindustrial a partir de suelos de bosques primarios de la zona 3”.

## **2.6. Tamaño de la muestra**

Según estudios realizados anteriormente, se necesitan 8 Kg de maíz ya que el contenido de almidón se encuentra en un rango de 60 a 80%, lo cual permite obtener una cantidad considerable de fécula para realizar los diferentes experimentos. Respecto a las bacterias lácteas se utiliza 10 ml de cada inóculo para la fermentación

## **2.7. Selección de muestra**

Para la selección de la muestra de maíz chulpi se utilizó un muestreo aleatorio simple mismo en el que se consideraron parámetros de inclusión como textura, dureza y forma, mientras que, los parámetros de exclusión de los granos fueron aquellos que presentaron un color oscuro diferente al característico de este maíz, aquellos partidos y los que tuvieron la presencia de insectos.

En cuanto a las bacterias lácticas, se escogieron al azar puesto que en su mayoría tienen la capacidad de fermentar y producir ácido láctico, por lo tanto, las bacterias seleccionadas fueron de fácil acceso para la experimentación.

## 2.8. Técnicas de recolección de datos

### 2.8.1. Técnicas para caracterizar el almidón del maíz chulpi

#### 2.8.1.1. Humedad

**Tabla 5-2:** Método para medir la humedad

<b>Método para medir la humedad</b>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Encender y tarar el platillo de la termobalanza</li><li>• Colocar 2 g de muestra en el platillo</li><li>• Cerrar la cámara de secado y esperar a que culmine con la detección de humedad</li><li>• Leer y anotar el resultado emitido por la termobalanza</li></ul>

Fuente: NTE INEN 2012.

Realizado por: Guamán, A. 2021.

#### 2.8.1.2. Solubilidad

**Tabla 6-2:** Evaluación de solubilidad

<b>Método de evaluación de solubilidad</b>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• En un vaso de precipitación de 25 <math>cm^3</math> pesar 2g de muestra, añadir 5 <math>cm^3</math> de agua fría y agitar.</li><li>• Transferir totalmente la suspensión sobre 100 <math>cm^3</math> de agua hirviendo contenida en un vaso de precipitación de 200 <math>cm^3</math>, continuar la ebullición por aproximadamente 2 min.</li><li>• Guardar la solución para determinación de pH.</li></ul>

Fuente: NTE INEN 2012.

Realizado por: Guamán, A. 2021.

#### 2.8.1.3. Prueba de pH

**Tabla 7-2:** Evaluación de pH para el almidón

<b>Método para la evaluación de pH</b>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Normalizar el medidor de pH a 25°C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7,0 y ajustar el control a esta temperatura.</li></ul>

- Con el control de asimetría ajustar el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón.
- Con el control correspondiente retornar el equipo a su posición de reposo.
- Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente.
- Sumergir los electrodos en la solución que debe estar a 25°C.
- Accionar el control de lectura y leer el pH.

Fuente: NTE INEN 2012.

Realizado por: Guamán, A. 2021.

#### 2.8.1.4. Cenizas

**Tabla 8-2:** Método para los residuos de calcinación para el almidón

<b>Método para determinar el porcentaje de cenizas del almidón del maíz chulpi</b>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar aproximadamente 2,0 g de almidón en un crisol de porcelana que ha sido previamente lavado, secado en un horno y pesado.</li> <li>• Colocar el crisol de porcelana con la muestra en la mufla e incinerar a 550 °C durante dos horas.</li> <li>• Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante.</li> <li>• Pesar el crisol con las cenizas y calcular la cantidad de cenizas. y Expresar los resultados como porcentaje de cenizas totales.</li> <li>• <b>Cálculos:</b></li> <li>• <math display="block">\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{Peso de cenizas} - \text{peso del crisol (g)}}{\text{Peso del crisol con la muestra} - \text{peso del crisol}} \times 100</math></li> <li>• <b>Ecuación 1-3:</b> Residuos de calcinación</li> </ul>

Fuente: Aristizábal y Sánchez 2007.

Realizado por: Guamán, A. 2021.

#### 2.8.1.5. Hidrólisis ácida del almidón

**Tabla 9-2:** Método para la hidrólisis ácida del almidón

<b>Método para la hidrólisis ácida del almidón del maíz chulpi</b>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una solución del almidón de maíz chulpi con agua destilada en relación 1:10</li> <li>• Añadir ácido clorhídrico (HCl) al 37%.</li> <li>• Llevar a calentamiento a alta temperatura.</li> </ul>

- Esperar que se enfríe y medir el pH
- Neutralizar con NaOH al 0,1 N hasta que se ajuste el pH a 6,5

Fuente: Puertas 2018.

Realizado por: Guamán, A. 2021.

#### 2.8.1.6. Determinación de azúcares reductores

**Tabla 10-2:** Método para la determinación de grados brix

<b>Método para la determinación de grados brix</b>
<b>Procedimiento para la determinación de grados brix</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que el refractómetro se encuentre calibrado colocando 1 gota de agua destilada. El resultado debe ser el 0%.</li> <li>• Limpiar y secar el prisma del refractómetro con toallas absorbentes.</li> <li>• Colocar 1 o 2 gotas del hidrolizado del almidón en el prisma y cerrar la tapa cuidadosamente.</li> <li>• Esperar unos minutos hasta que se produzca un leve sonido el cual notifica que se ha generado el porcentaje de grados brix en la muestra colocada.</li> <li>• Leer el resultado</li> <li>• Secar y lavar el prisma con agua destilada.</li> <li>• Repetir el mismo procedimiento con todas las muestras del almidón hidrolizado</li> </ul>

Fuente: Torres 2017.

Realizado por: Guamán, A. 2021.

#### 2.8.2. Bacterias ácido lácticas

##### 2.8.2.1. Activación de las bacterias ácido lácticas

**Tabla 11-2:** Procedimiento para la activación de bacterias ácido lácticas

<b>Método para la activación de las bacterias ácido lácticas</b>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar el caldo MRS de acuerdo con las condiciones del envase</li> <li>• Esterilizar en autoclave a condiciones de 120 °C durante 30 minutos y 15 psi</li> <li>• Colocar 9 ml de caldo MRS y 1 ml de la bacteria en un matraz de 250 ml</li> <li>• Incubar a 37 °C por aproximadamente 24 horas.</li> </ul>

Fuente: Aristizábal y Sánchez 2007.

Realizado por: Guamán, A. 2021.

### 2.8.3. Ácido láctico

#### 2.8.3.1. Fermentación

**Tabla 12-2:** Procedimiento para la fermentación láctica

<b>Método para la fermentación láctica</b>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar 90 ml del hidrolizado del almidón de maíz chulpi en un matraz de 250 ml</li><li>• Llevar a la autoclave para esterilizar la solución por 30 minutos.</li><li>• Colocar el inóculo activado previamente de <i>Lactobacillus rudii</i> y fermento R-703</li><li>• Dejar fermentar por 24 horas a condiciones de 30 y 40 °C con un pH de 6,5</li></ul>

Fuente: Saelee y Sriroth 2014.

Realizado por: Guamán, A. 2021.

#### 2.8.3.2. Acidez titulable

**Tabla 13-2:** Método para determinar el porcentaje de ácido láctico

<b>Método de acidez titulable</b>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tomar una muestra de aproximadamente 10 gramos en un matraz Erlenmeyer</li><li>• Añadir 4 gotas del indicador (fenolftaleína)</li><li>• Titular con hidróxido de sodio (NaOH) a 0,1 N hasta que se produzca un color rosáceo</li><li>• Leer el volumen de hidróxido de sodio (NaOH) consumido</li><li>• El porcentaje se calcula con la siguiente fórmula:</li></ul> $\% \text{Ácido láctico} = \frac{f * v * N}{w} * 100$ <p><b>Ecuación 2-3:</b> Porcentaje de ácido láctico</p> <p><b>Donde:</b></p> <p>f= Factor del ácido láctico (0,090)</p> <p>v= volumen titulado de NaOH (ml)</p> <p>N= Normalidad</p> <p>w= peso (g)</p>

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 13 1973.

Realizado por: Guamán, A. 2021.

### 2.8.3.3. pH

**Tabla 14-2:** Procedimiento para determinar el pH del ácido láctico

<b>Método para determinar el pH</b>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar en un vaso de precipitación una muestra de ácido láctico y colocar los electrodos del potenciómetro, finalmente, leer los valores obtenidos.</li><li>• Lavar los electrodos con agua destilada para evitar interferencias en la lectura de pH.</li></ul>

**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana INEN 13 1973.

**Realizado por:** Guamán, A. 2021.

### 2.8.3.4. Espectroscopia infrarroja

**Tabla 15-2:** Método para determinar grupos funcionales del ácido láctico

<b>Método para identificar los grupos funcionales por espectroscopia infrarroja</b>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se debe colocar unas gotas de ácido láctico en el cristal detector y posteriormente se da inicio al scanner.</li><li>• Interpretar los picos de la imagen para detectar grupos funcionales del ácido carboxílico.</li></ul>

**Fuente:** Serrano 2009.

**Realizado por:** Guamán, A. 2021.



## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Datos obtenidos

##### 3.1.1. Producción del almidón del maíz chulpi

Para la producción de almidón del maíz chulpi, se procedió a realizar las diferentes operaciones unitarias como son molienda, sedimentado, tamizado y secado, en esta última la muestra debe permanecer en el secador hasta que muestre un peso constante.

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos durante la producción del almidón:

**Tabla 1-3:** Pesos obtenidos durante la producción del almidón del maíz chulpi

<b>Pesos</b>	<b>Réplica 1</b>	<b>Réplica 2</b>	<b>Réplica 3</b>
<b>Peso del maíz chulpi (g)</b>	1814,37	1814,37	1814,37
<b>Peso del maíz molido (g)</b>	2072,32	1885,15	1883,48
<b>Peso del sedimentado (g)</b>	539,98	450,09	513,24
<b>Peso del almidón secado después de las 8 horas (g)</b>	179,45	162,33	168,77
<b>Peso final del almidón (g)</b>	178,05	160,13	166,51

Realizado por: Guamán, A. 2021.

##### 3.1.2. Caracterización del almidón de maíz chulpi

###### 3.1.2.1. Humedad

Para medir el porcentaje de humedad se colocó en la termobalanza 2 gramos del almidón del maíz chulpi 3 veces de tal manera que se pueda sacar un promedio tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2-3:** Porcentaje de humedad obtenido del almidón del maíz chulpi

<b>Muestra</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Réplica 1	13,67	%
Réplica 2	10,95	%
Réplica 3	11,85	%

Realizado por: Guamán, A. 2021.

### 3.1.2.2. Cenizas

Para la medición de cenizas se procedió a tarar los crisoles y a pesar 2 gramos de la muestra, posteriormente, se procedió con la calcinación a 550 °C en la mufla por 2 horas hasta que el peso de la muestra permanezca constante. En la siguiente tabla se muestra los pesos obtenidos de cada ensayo:

**Tabla 3-3:** Pesos de la calcinación del almidón del maíz chulpi

<b>Crisol</b>	<b>Peso del crisol vacío (g)</b>	<b>Peso del crisol + muestra (g)</b>	<b>Repeticiones</b>		
			<b>Réplica 1 (g)</b>	<b>Réplica 2 (g)</b>	<b>Réplica 3 (g)</b>
1	24,590	26,59	24,59	24,59	24,59
2	22,990	24,99	22,99	22,99	22,99
3	26,830	28,83	26,88	26,84	26,84

Realizado por: Guamán A, 2021.

### 3.1.2.3. Ph

La medición del pH se realizó de acuerdo con la Norma (NTE INEN 2012) cuyos datos obtenidos se presentan a continuación:

**Tabla 5-3:** Acidez del almidón del maíz chulpi extraído

<b>Réplica</b>	<b>pH</b>
Réplica 1	4,26
Réplica 2	5,47
Réplica 3	5,68

Fuente: Guamán A, 2021.

### 3.2. Datos para el proceso de fermentación

Tabla 6-3: Datos para el proceso de fermentación

Muestra	Bacteria ácido láctica utilizada	Temperatura de Fermentación	pH inicial	Volumen de hidrolizado	Volumen de bacteria activada
Muestra 1	<i>Lactobacillus rudii</i>	30 °	6,51	90 ml	10 ml
Muestra 2	Fermento R-703	30 °C	6,53	90 ml	10 ml
Muestra 3	<i>Lactobacillus rudii</i>	40 °C	6,60	90 ml	10 ml
Muestra 4	Fermento R-703	40 °C	6,44	90 ml	10 ml

Realizado por: Guamán A, 2021,

### 3.3. Cálculos

#### 3.3.1. Cálculos para el almidón del maíz chulpi

##### 3.3.1.1. Rendimiento del almidón de maíz chulpi

El rendimiento de la producción de almidón se lo realizo en base a la ecuación descrita a continuación para cada réplica.

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Peso del almidón obtenido}}{\text{Peso inicial del maiz chulpi}} * 100$$

**Ecuación 3-3:** Rendimiento del almidón de maíz chulpi

$$\%Rendimiento = \frac{160,133}{1814,37} * 100$$

$$\%Rendimiento = 8,83\%$$

##### 3.3.1.2. Cálculo para determinar el porcentaje de calcinación del almidón

El cálculo de las cenizas se realiza en base a la siguiente Ecuación 1-3 con la finalidad de conocer las impurezas del almidón extraído

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{Peso de cenizas} - \text{peso del crisol (g)}}{\text{Peso del crisol con la muestra} - \text{peso del crisol}} * 100$$

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{24,5995 - 24,59}{26,59 - 24,59} * 100$$

$$\text{Cenizas (\%)} = 0,48$$

### 3.3.2. Cálculo para determinar el porcentaje de ácido láctico

#### 3.3.2.1. Porcentaje de acidez titulable del ácido láctico

El porcentaje de acidez titulable permite conocer el porcentaje de ácido láctico obtenido tras la fermentación anaerobia con las bacterias ácido lácticas *Lactobacillus ruidii* y Fermento R-703 a partir de la ecuación 2-3:

$$\% \text{Ácido láctico} = \frac{f * v * N}{w} * 100$$

$$\% \text{Ácido láctico} = \frac{0,090 * 24,8 * 0,1}{78,69 - 68,859} * 100$$

$$\% \text{Ácido láctico} = 2,27 \%$$

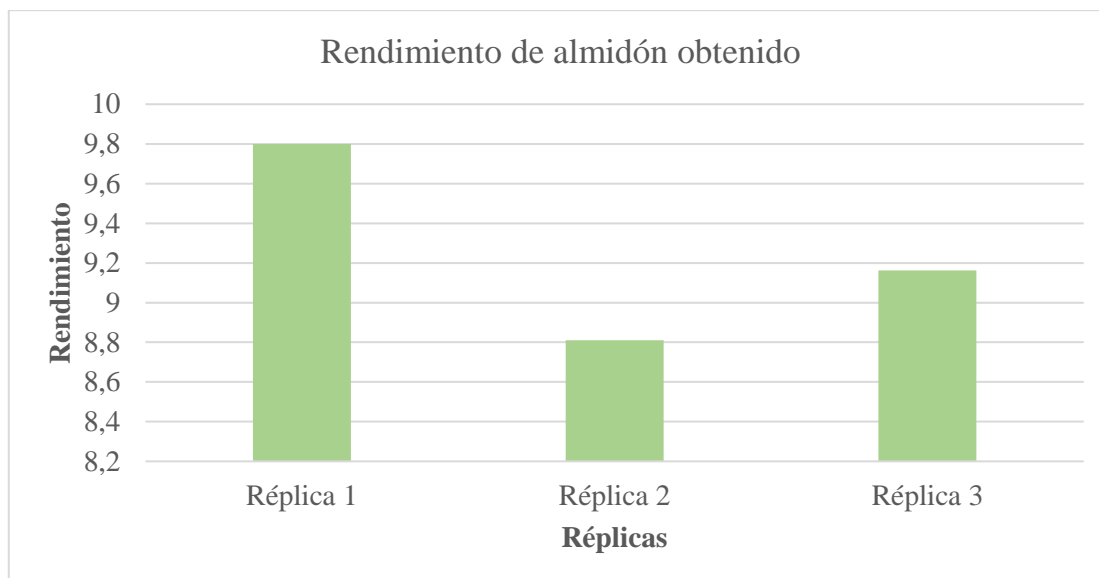
### 3.4. Resultados

#### 3.4.1. Resultados del rendimiento del almidón de maíz chulpi obtenido

**Tabla 7-3:** Rendimiento del almidón del maíz chulpi

<b>Réplica</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Unidades</b>
Réplica 1	9,80	%
Réplica 2	8,81	%
Réplica 3	9,16	%
<b>Promedio</b>	9,26	%

Realizado por: Guamán A, 2021.



**Gráfica 2-3:** Gráfica del rendimiento de la obtención de almidón del maíz chulpi por vía húmeda

**Realizado por:** Guamán A, 2021.

El gráfico anterior muestra el rendimiento obtenido durante las 3 réplicas realizadas para la obtención del almidón del maíz chulpi, el cual muestra un mayor rendimiento en la réplica 1 debido a que se utilizaron tanto los gránulos de mayor tamaño como los residuos del tamizado producto de la primera molienda el cual serviría para el siguiente proceso que se llevaría a cabo para el método de vía húmeda, no obstante, el desperdicio de la materia prima fue mínimo respecto a las otras dos réplicas puesto que en una de ellas se utilizó la licuadora industrial dispuesta en el Laboratorio de Procesos Industriales donde se mostró una considerable pérdida, por otro lado, al lavar el sedimentado para que se torne de un color más blanquecino cierta cantidad de éste se eliminó disminuyendo su rendimiento.

#### **3.4.2. Resultados de la caracterización del almidón del maíz chulpi**

En la siguiente tabla se muestra los valores promedio de los datos de las 3 réplicas del almidón del maíz chulpi obtenidos de humedad, cenizas, proteína, fibra, carbohidratos y el porcentaje de grasa.

**Tabla 8-3:** Propiedades físico químicas del almidón del maíz chulpi

Parámetro medido	Contenido	Unidad
Porcentaje de humedad	12,16	%
Cenizas	0,37	%
Proteína	1,11	%
Fibra	0,44	%
Grasa	9,00	%
pH	5,13	-
Temperatura de gelatinización	91	°C

Realizado por: Guamán A, 2021.

La tabla 7-3 contiene los parámetros químicos del almidón del maíz el cual muestra un porcentaje de humedad del 12,157% al sacar un promedio de las tres réplicas que fueron colocadas en la termobalanza, por lo tanto, se encuentra dentro del rango establecido por Dadelos Agrícola (2013) el cual menciona que debe ser máximo hasta el 13% . Respecto a las cenizas NTE INEN (2012) manifiesta que el valor máximo es 0,4% siendo el 0,370% el resultado del análisis obtenido del laboratorio, mientras que el pH de la solución de almidón dio como promedio de tres tomas de datos un valor de 5,130, mismo que se encuentra en el rango de 5 a 7 propuesto por NTE INEN (2012). En cuanto a la proteínas, se obtuvo un valor superior al descrito por (Aristizábal y Sánchez 2007), el cual hace referencia a que los almidones de cereales como el arroz y el maíz deben tener el 0,45 % , por lo tanto, en el presente estudio se obtuvo un valor de 1,110% sin embargo, Vera y Chavarría (2020), afirman que el porcentaje de proteína debe ser máximo hasta el 5% ya que no existe un efecto significativo sobre las propiedades térmicas del almidón extraído, además, el nitrógeno servirá como nutriente para la fermentación láctica y de esta manera se puede evitar la añadidura de otros productos ricos en nitrógenos para el crecimiento de la bacteria ácido láctica. Por otro lado, el porcentaje de fibra que se obtuvo fue de 0,440%, por lo que se encuentra dentro de lo establecido en INEN (2013), puesto que establece que no debe exceder al 1,5% en base al peso seco. El porcentaje de grasa extraído de la experimentación fue el 9,0%, no obstante, Alvarez (2006), en su estudio “Aplicaciones del maíz en la tecnología alimentaria y otras industrias”, afirma que el maíz tiene un porcentaje de grasa del 4 al 5 % , esto se debe a que la grasa se encuentra distribuida en el pericarpio, endospermo y embrión del grano, por lo que, durante la extracción del almidón se procedió a moler todo conjuntamente produciendo un alto porcentaje de grasa. Finalmente, la temperatura de gelatinización alcanzada fue de 91°C, la cual varía en un grado por lo dispuesto por Sánchez (2014a), donde muestra un esquema completo del proceso de hinchamiento de los gránulos de almidón de maíz, estableciendo que a los 90°C se alcanza un grado óptimo de gelatinización y se llega a una viscosidad máxima.

### 3.4.3. Resultados de la hidrólisis ácida

La hidrólisis ácida del almidón se realizó con la finalidad de obtener los azúcares que se fermentarán con la bacteria ácido láctica, de esta manera se procedió a seguir la metodología aplicada por (Puertas 2018) en las 4 muestras para cada uno de los tratamientos obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 9-3:** Resultados obtenidos después del proceso de la hidrólisis ácida

Muestra	pH	Grados brix
Muestra 1	6,53	4,94
Muestra 2	6,51	4,24
Muestra 3	6,50	5,29
Muestra 4	6,53	6,10

Realizado por: Guamán A, 2021.

Posteriormente, se procedió a realizar un ajuste con glucosa comercial de tal manera que los azúcares fermentables se encuentren en un rango de 20 a 30% debido a que estas son las condiciones en las cuales se pueden adaptar las bacterias ácido-lácticas obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 9-3:** Grados brix ajustados con glucosa comercial

Muestra	pH	Grados brix
Muestra 1	6,53	21,75
Muestra 2	6,51	22,38
Muestra 3	6,50	20,08
Muestra 4	6,53	22,50

Realizado por: Guamán A, 2021.

### 3.4.4. Resultados de la fermentación del almidón del maíz chulpi y la bacteria ácido láctica

La fermentación tuvo una duración de 120 horas donde la temperatura permaneció constante y el pH fue tomado al final del proceso con la finalidad de evitar la contaminación con el medio, siendo así los resultados que se presentan a continuación:

**Tabla 10-3:** Resultados de la fermentación láctica

Muestra	Bacteria ácido láctica	Temperatura	pH inicial			Promedio	pH final			Promedio
			Réplicas				Réplicas			
Muestra 1	Fermento R-703	30°C	6,53	6,50	6,51	<b>6,51</b>	6,24	6,25	6,08	<b>6,19</b>
Muestra 2	<i>Lactobacillus rudii</i>	30°C	6,51	6,51	6,52	<b>6,51</b>	6,28	6,26	6,17	<b>6,23</b>
Muestra 3	Fermento R-703	40°C	6,50	6,52	6,51	<b>6,51</b>	5,31	5,48	5,52	<b>5,43</b>
Muestra 4	<i>Lactobacillus rudii</i>	40°C	6,53	6,52	6,52	<b>6,52</b>	6,00	6,12	6,08	<b>6,06</b>

Realizado por: Guamán A, 2021.



La tabla anterior muestra una disminución en el pH respecto al que se inició, por lo tanto, se demuestra que si hubo una fermentación láctica por parte de las bacterias.

#### ***3.4.5. Resultados de la destilación al vacío***

El proceso de destilación al vacío se llevó a cabo a una temperatura de 61 °C, debido a que se trabaja con presión, el equipo debe ser programado a la mitad del punto de ebullición del compuesto que en este caso es de 122 °C, posteriormente se procedió a medir el pH del destilado obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 11-3:** Resultados de la destilación al vacío

Muestra	Bacteria ácido láctica	Temperatura de fermentación	Volumen final del destilado (ml)			Promedio	pH del destilado			Promedio
			Réplicas				Réplicas			
Muestra 1	Fermento R-703	30°C	48	46	46	<b>46,66</b>	4,88	4,75	4,70	<b>4,77</b>
Muestra 2	<i>Lactobacillus rudii</i>	30°C	51	55	53	<b>53,00</b>	4,72	4,67	4,71	<b>4,70</b>
Muestra 3	Fermento R-703	40°C	57	54	56	<b>55,66</b>	5,20	5,23	5,22	<b>5,22</b>
Muestra 4	<i>Lactobacillus rudii</i>	40°C	58	57	57	<b>57,33</b>	5,95	5,77	5,94	<b>5,89</b>

Realizado por: Guamán A, 2021.

Los valores obtenidos de la tabla anterior indican que existe la presencia de ácido láctico al presentar un pH inferior al que inició y al que culminó el proceso de fermentación, ya que, la finalidad de realizar este proceso fue para separar el producto del inóculo que se preparó. Iñiguez y Castillo (2011), obtuvieron un pH promedio al final de la destilación de 4,62 de sus 9 tratamientos mismo que al comparar con los valores obtenidos del pH en esta investigación, son muy cercanos entre sí. Sin embargo, dentro de la industria cosmética los productos que se elaboran con este tipo de compuesto debe ser mayor o igual que 5 manteniendo la acidez tal y como lo menciona SCCNFP (2004), cuyas siglas corresponden al Comité Científico de productos cosméticos y productos no alimentarios destinado al consumidor, siendo así que el fermentado de *Lactobacillus ruidii* y el Fermento R-703 a la temperatura de 40 °C cumplen con este requisito, por otro lado, Higuieruelo (2018) afirma que el panel de Expertos de Revisión de Ingredientes Cosméticos (CIR) sugieren el uso de los alfa-hidroxiácidos (AHA) a un pH superior al 3.5, al igual que Cosm (2021) en su “Guía para producir materias primas y productos cosméticos seguros desde el punto de vista microbiológico y de la conservación”, donde especifica que los ácidos orgánicos son buenos conservantes y que son antimicrobianos a un pH ácido menor a 5,5; por lo tanto, el producto fermentado de *Lactobacillus ruidii* a la temperatura de 40 °C cumple con el parámetro establecido.

#### ***3.4.6. Porcentaje de acidez titulable del ácido láctico***

Para la caracterización del ácido láctico se procedió a titular con hidróxido de sodio a una concentración de 0,1 N con el propósito de determinar el porcentaje de producto obtenido para lo cual se utilizó la fenolftaleína como indicador y finalmente se leyó el volumen ocupado, dando los siguientes resultados:

**Tabla 12-3:** Resultados de la concentración de ácido láctico obtenido de la fermentación

Muestra	Bacteria ácido láctica	Temperatura de Fermentación	Volumen ocupado (ml)			% de Ácido láctico		
			Réplicas			Réplicas		
Muestra 1	Fermento R- 703	30 °C	3,80	4,40	4,10	0,32	0,40	0,38
Muestra 2	Lactobacillus rudii	30 °C	6,20	5,80	6,10	0,57	0,53	0,56
Muestra 3	Fermento R- 703	40 °C	16,80	15,90	15,30	1,54	1,46	1,40
Muestra 4	Lactobacillus rudii	40 °C	24,80	24,30	24,60	<b>2,27</b>	2,22	2,25

Realizado por: Guamán A, 2021.

Los valores de la tabla anterior muestran el porcentaje de ácido láctico obtenido posterior a la fermentación del almidón del maíz chulpi y cada una de las bacterias ácido lácticas utilizadas a temperaturas diferentes, de tal manera que se puede visualizar que a 40°C y utilizando el *Lactobacillus ruidii* se obtiene una mejor concentración que es el 2,27%, sin embargo, en otros estudios realizados en los que utilizan el almidón de plátano como materia prima, obtienen una concentración máxima de 27,07% tal y como muestra Alarcón y Caicedo (2021), no obstante, dentro de la industria cosmética utilizan el ácido láctico en bajas concentraciones donde no superen el 10%, SCCNFP (2004), asegura que la concentración mínima en cremas hidratantes es de 0,5% y la máxima debe ser hasta el 2,5%, por lo tanto, el producto generado de las muestras 2, 3 y 4 se encuentra dentro del rango establecido para cosméticos. Además, Gil-Castaño y Cardona (2020), manifiesta que el ácido láctico en un rango de 1 al 5% actúa como mecanismo de hidratación siendo así que el producto adecuado para este tipo de cosméticos son el Fermento R-703 a una temperatura de 40°C y el *Lactobacillus ruidii* a ambas temperatura de experimentación (30 y 40°C) ya que la concentración final obtenida se encuentran entre 0,5523 y 2,27.

### 3.5. Resultados de análisis de varianza ANOVA

El diseño factorial estructurado en el diseño de investigación fue realizado en el software Minitab el mismo que permitió desarrollar el análisis de varianza ANOVA, así como la ejecución de gráficos estadísticos donde se pueda visualizar la mejor condición para la producción de ácido láctico tal y como se presenta a continuación:

#### 3.5.1. Resumen del diseño

**Tabla 13-3:** Resumen del diseño factorial

<b>Factores:</b>	2	<b>Diseño de la base:</b>	2; 4
<b>Corridas:</b>	12	<b>Réplicas:</b>	3
<b>Bloques:</b>	1	<b>Puntos centrales (total):</b>	0

Realizado por: Guamán A, 2021.

La tabla anterior muestra el número de factores y réplicas realizadas para cada experimento dando como resultado 8 respuestas mismas que se pueden combinar entre sí de tal manera que se pueda obtener más información.

### 3.5.2. Hipótesis del análisis estadístico

El software Minitab propuso igualdad de varianzas para el análisis y determinó las siguientes hipótesis para el análisis estadístico:

<b>Hipótesis nula</b>	Todas las medias son iguales
<b>Hipótesis alterna</b>	No todas las medias son iguales
<b>Nivel de significancia</b>	$\alpha = 0,05$

### 3.5.3. Efectos de las variables para el diseño experimental

**Tabla 14-3:** Resultado de los efectos para el diseño experimental

<b>Término</b>	<b>Efecto</b>	<b>Coef</b>	<b>EE del coef.</b>	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>	<b>FIV</b>
Constante		1,16	0,01	92,18	0,00	
Temperatura	1,39	0,69	0,01	55,64	0,00	1,00
Bacteria	-0,48	-0,24	0,01	-19,25	0,00	1,00
Temperatura*Bacteria	-0,29	-0,15	0,01	-11,84	0,00	1,00

**Realizado por:** Guamán A, 2021.

La tabla 14-3 muestra los efectos de las variables sobre la experimentación la misma que indica que la temperatura es el efecto superior respecto a la bacteria y a la combinación de ambas. Por otro lado, el valor de FIV (factor de inflación de la varianza) es igual a 1 esto indica que los predictores no contienen multicolinealidad, es decir, que no tienen correlación, por lo tanto, no existe el incremento significativo de la varianza.

#### 3.5.3.1. Resumen del modelo

En la siguiente tabla se muestra la desviación estándar la cual resulta ser un valor muy pequeño, lo que indica que, los resultados se encuentran muy dispersos de la media. Por otro lado, el  $r^2$  de la regresión lineal que al mostrar un valor superior al 99%, indica que el modelo de la experimentación es aceptado.

**Tabla 15-3:** Resumen del diseño experimental

<b>S</b>	<b>R-cuad.</b>	<b>R-cuad. (ajustado)</b>	<b>R-cuad. (pred)</b>
0,044	99,78%	99,70%	99,50%

Realizado por: Guamán A, 2021.

### 3.5.4. Análisis de Varianza

El software Minitab arrojó los resultados expresados en la Tabla 13-3 respecto al análisis de varianza ANOVA donde se puede observar que el valor F es muy elevado lo que significa que existe una gran diferencia entre las medias, por lo tanto, las variables utilizadas en la experimentación se encuentran fuertemente relacionadas entre sí.

**Tabla 16-3:** Análisis de varianza

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	3	6,83	2,28	1202,04	0,00
Lineal	2	6,57	3,28	1732,99	0,00
Temperatura	1	5,86	5,86	3095,33	0,00
Bacteria	1	0,70	0,70	370,66	0,00
Interacciones de 2 términos	1	0,27	0,27	140,14	0,00
Temperatura*Bacteria	1	0,27	0,27	140,14	0,00
Error	8	0,02	0,02		
Total	11	6,85			

Realizado por: Guamán A, 2021.

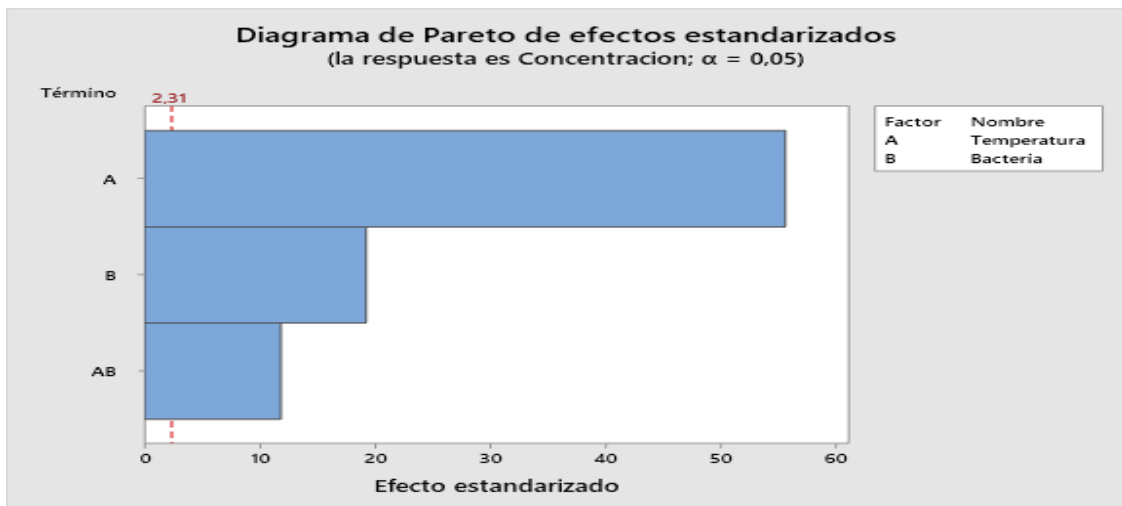
La gráfica que se muestra a continuación representa a la gráfica normal de los efectos de la experimentación siendo el factor A correspondiente a la temperatura la más significativa, como todos los efectos aparecen de color rojo y se encuentran alejados de la recta se deben considerar también significativos ya que intervienen directamente con la variable respuesta.



**Gráfica 3-3:** Gráfica normal de efectos estandarizados

Realizado por: Guamán A, 2021.

El mismo caso sucede con el diagrama de Pareto puesto que las barras de cada uno de los factores sobrepasan la línea roja, por lo tanto, todos estos factores son significativos, sin embargo, este diagrama permite visualizar desde el mayor efecto al menor poniendo en consideración aquel que tiene una mayor interferencia en la variable respuesta.

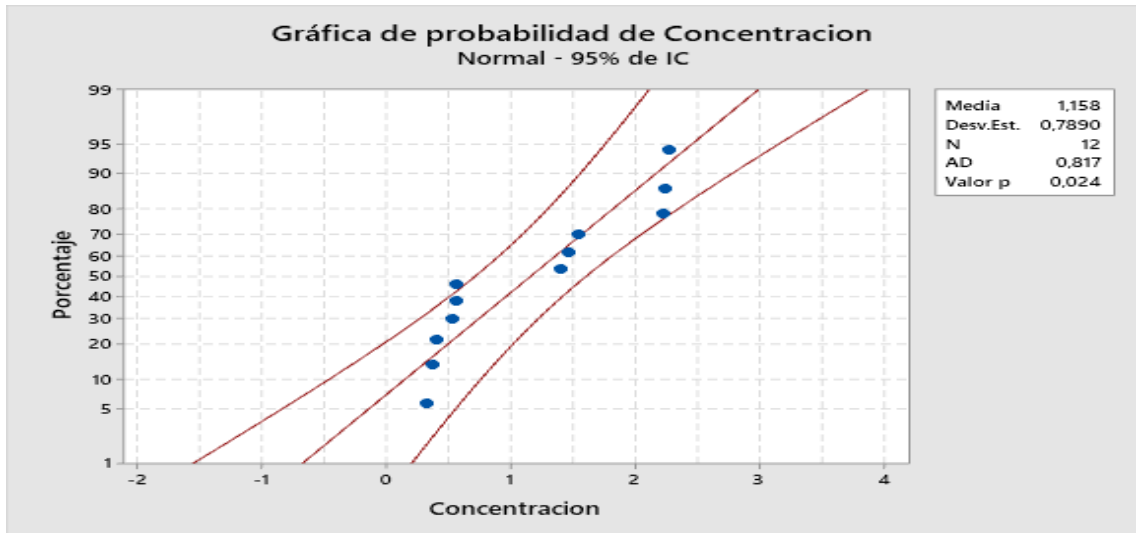


**Gráfica 4-3:** Diagrama de Pareto de efectos estandarizados

Realizado por: Guamán A, 2021.



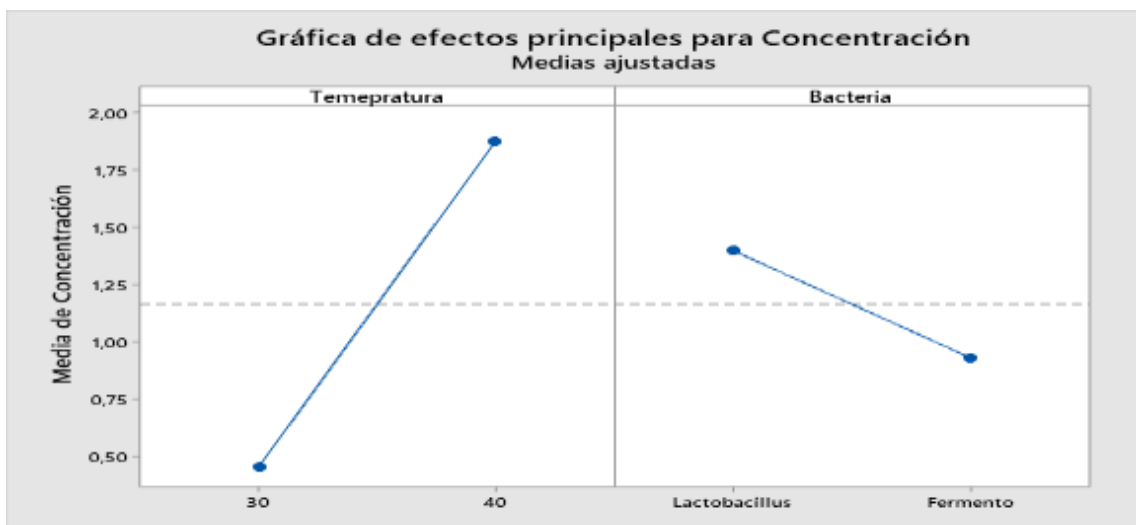
La gráfica de probabilidad de concentración indica que al tener un valor  $p$  menor al 0,05 que corresponde al nivel de significancia, por lo tanto, la hipótesis nula es rechazada ya que los datos no siguen la distribución normal.



**Gráfica 5-3:** Probabilidad de concentración

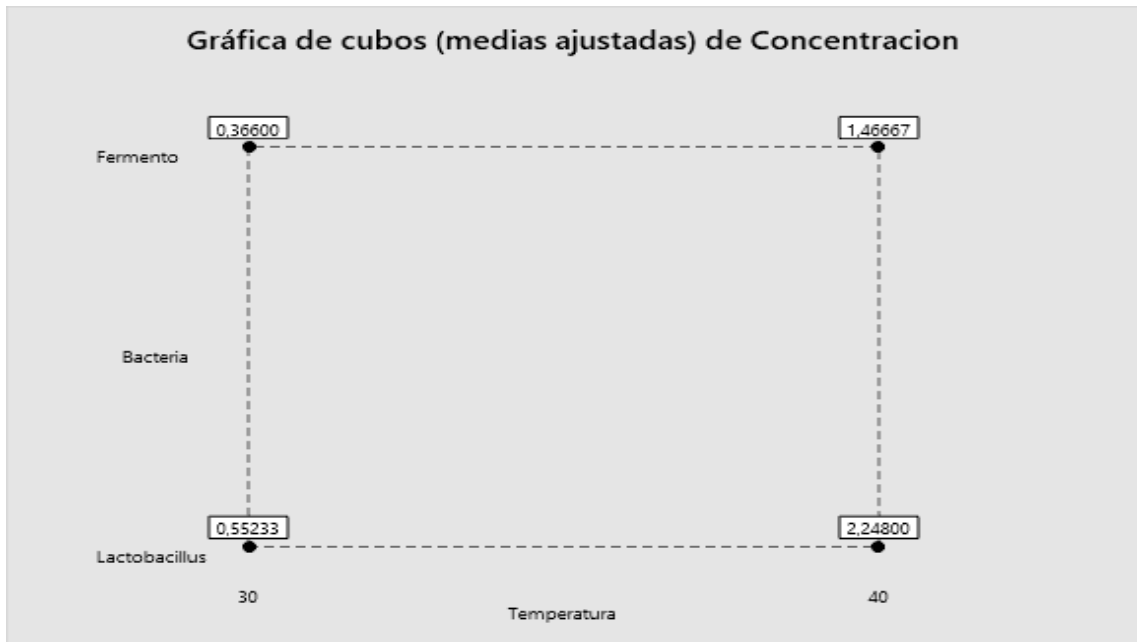
Realizado por: Guamán A, 2021.

La siguiente gráfica muestra los efectos tanto de temperatura como de bacteria utilizada en la experimentación, por lo tanto, la temperatura sigue siendo el efecto que se debe tener mayor consideración ya que a medida que se aumentó, mejoró el porcentaje de concentración del ácido láctico, siendo de orden creciente. Por otro lado, para el factor de la bacteria el efecto es negativo puesto a que disminuyó el rendimiento del ácido láctico al cambiar de bacteria de *Lactobacillus ruddii* a Fermento R-703



**Gráfica 6-3:** Gráfica de efectos principales para la concentración del ácido láctico

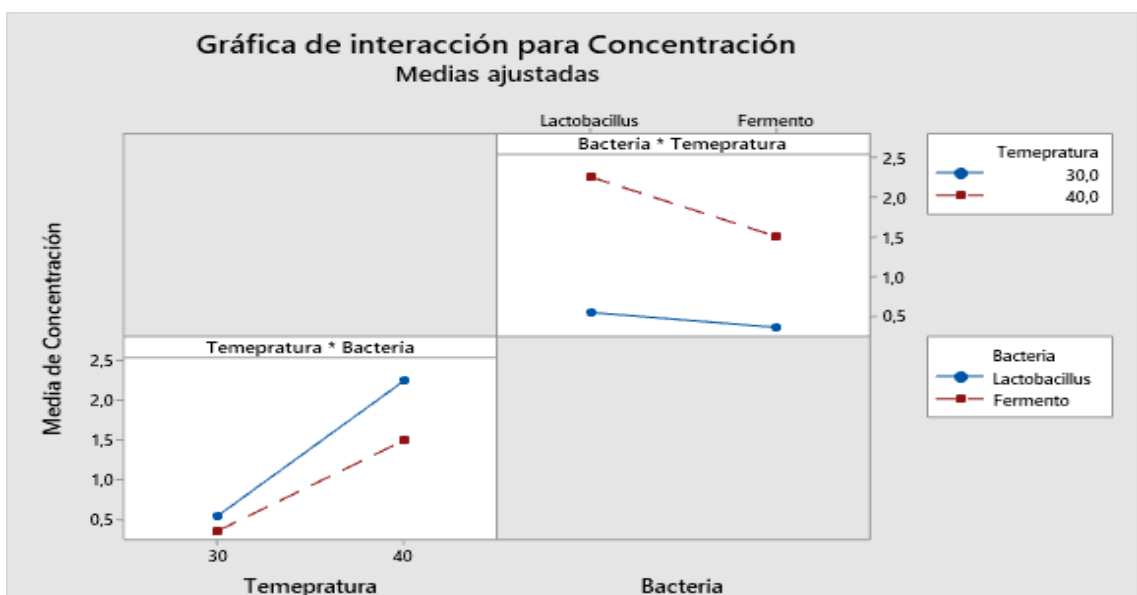
Realizado por: Guamán A, 2021.



**Gráfica 7-3:** Gráfica de cubos de medias ajustadas de la concentración de ácido láctico

Realizado por: Guamán A, 2021.

De igual manera, en este grafico de cubos se puede llegar a la conclusión de que al utilizar el *Lactobacillus rudii* a una temperatura de 40 °C se puede mejorar el rendimiento de la producción del ácido láctico, no obstante, para mayor efectividad y aceptación del modelo se utilizó el gráfico de interacción para concentraciones modificando el orden de las variables el cual dio el mismo resultado que las gráficas anteriormente ya analizadas.

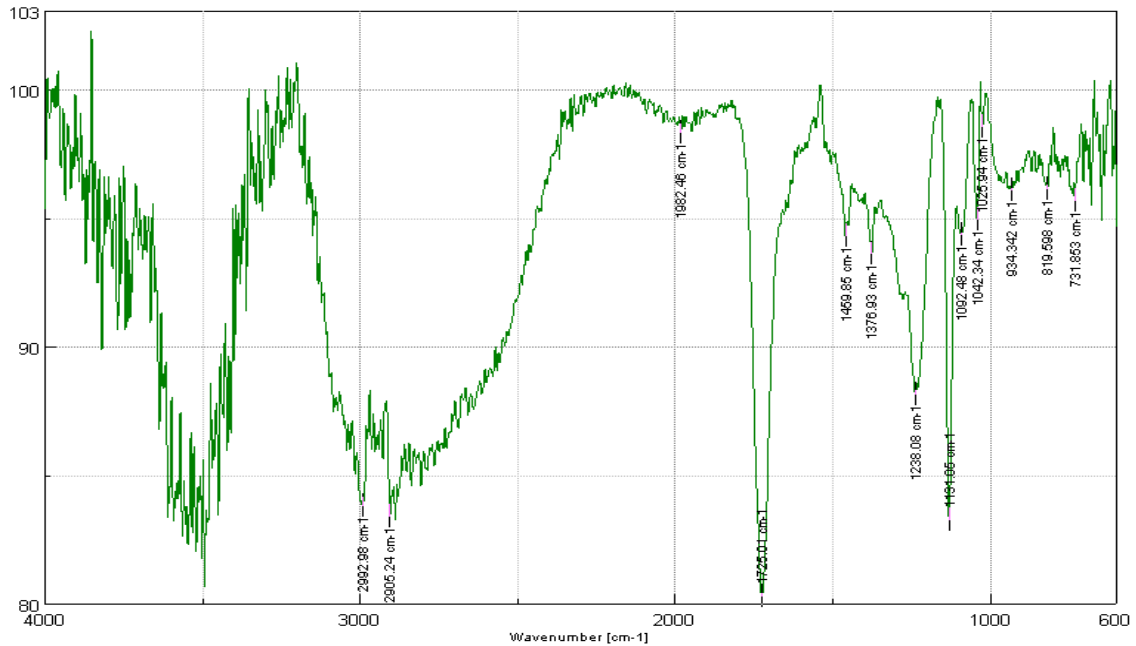


**Gráfica 8-3:** Gráfica de interacción para la concentración de ácido láctico

Realizado por: Guamán A, 2021.

### 3.6. Resultados de la Espectroscopía infrarroja

La espectroscopia infrarroja es un análisis instrumental que permite detectar los grupos funcionales de tal manera que se llevó a analizar los resultados obtenidos por lo que este fue el espectro obtenido del espectrofotómetro:



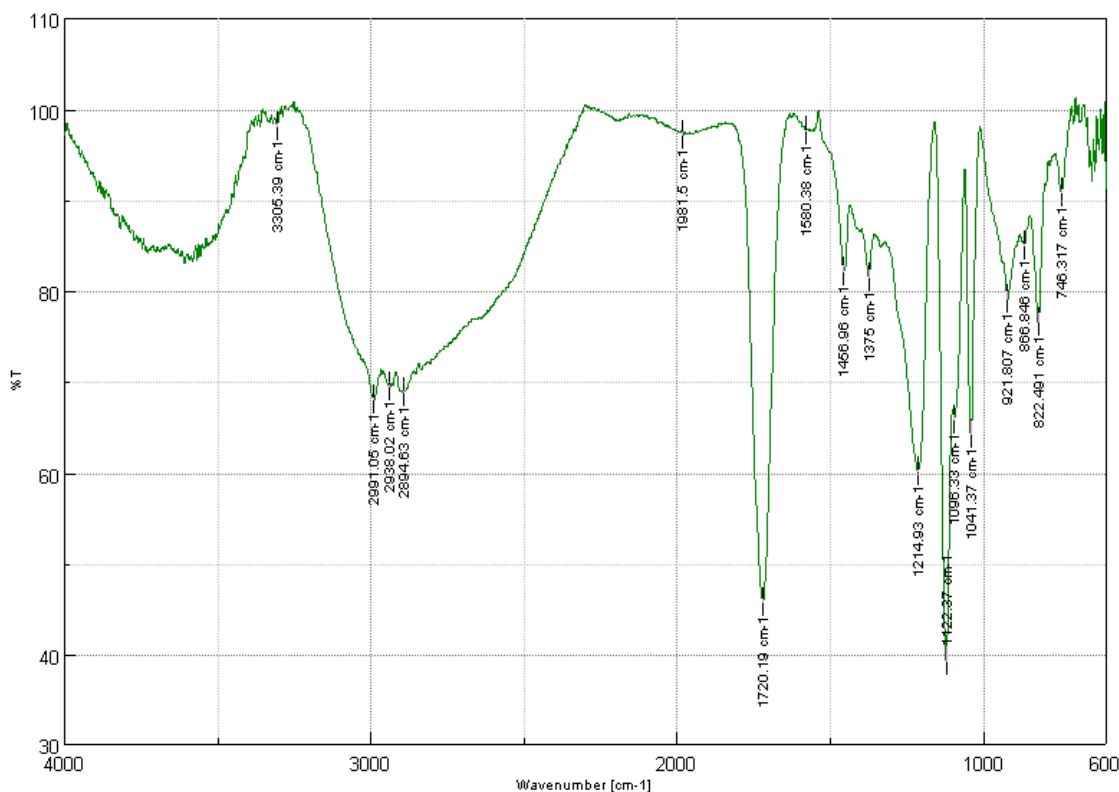
**Figura 1-3.** Espectro del ácido láctico obtenido de la fermentación del almidón del maíz chulpi y *Lactobacillus rudii*

**Realizado por:** Guamán A, 2021.

La banda que se encuentra entre el número de onda con  $1725 \text{ cm}^{-1}$  corresponde al enlace de la tensión del grupo carbonilo C=O, mientras que las bandas dispuestas entre  $2905,24$  y  $2992,98 \text{ cm}^{-1}$  dan lugar al estiramiento característico de los alcanos. Por otro lado, la banda que se detecta en la onda  $1238,08 \text{ cm}^{-1}$  permite visualizar el estiramiento CO.

Los grupos funcionales O-H no se encuentran detectados por el equipo debido a que previo al análisis se realizó un barrido con agua destilada de tal manera que pueda reconocerse el resto de los grupos funcionales del ácido láctico ya que el producto obtenido de la fermentación se encontraba diluido y presentaba una baja concentración.

Si comparamos las bandas el espectro del ácido láctico comercial con una pureza de 84%, se puede observar claramente que concuerda con el número de onda  $1725 \text{ cm}^{-1}$  que es la tensión del grupo carbonilo C=O y los estiramientos de los alcanos en  $2991,05 \text{ cm}^{-1}$ .



**Figura 2-3:** Espectro de ácido láctico comercial

Realizado por: Guamán A, 2021.

### 3.7. Prueba de hipótesis

#### 3.7.1. Determinación de la eficiencia de la vía fermentativa del almidón de maíz chulpi para la producción de ácido láctico

**H1:** De acuerdo con los resultados generados, es posible obtener el ácido láctico por vía fermentativa del almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) y la utilización de las bacterias ácido lácticas obteniendo concentraciones y pH adecuados de este compuesto para el uso en productos cosméticos.

El almidón del maíz chulpi fue sometido a 4 tratamientos con el *Lactobacillus rudii* y el Fermento R-703 a 30 y 40 °C, para lo cual el análisis de varianza ANOVA permitió determinar que el mejor tratamiento para la obtención del ácido láctico es la fermentación con *Lactobacillus rudii* a ambas temperaturas de experimentación, mientras que, para el Fermento R-703 a una temperatura de 40°C, además, mediante el análisis estadístico de los gráficos y tablas, se rechazó la hipótesis nula ya que los datos no siguen una distribución normal, siendo el valor de p 0,024 menor al de significancia que es 0,05, por otro lado, el efecto más significativo es la temperatura puesto que su variación mostró que a mayor temperatura mejor concentración de ácido láctico, por el

contrario de los resultados obtenidos con la variación de bacteria puesto que no tuvo mayor interferencia al momento de producir el ácido.

Se acepta la hipótesis general para la obtención del ácido láctico a partir de la fermentación del almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) y la utilización de bacterias ácido lácticas ya que tanto el *Lactobacillus rudii* como con el Fermento R-703, permitieron la producción de este compuesto orgánico.

### **3.7.2. Prueba de Hipótesis específica 1 (H1)**

El método de vía húmeda permite la extracción de almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) al ser sometido a una serie de operaciones unitarias como molienda, tamizado, sedimentado, entre otras, produciendo la cantidad necesaria para la fermentación, por lo tanto, se comprueba lo dicho por López y Ozaeta (2013) ya que manifiestan que es el método más usado en la industria para obtener el almidón de cereales al presentar rendimientos altos tal y como se visualiza en el Gráfico 1-3 el cual muestra que el mejor rendimiento presenta con la réplica 1 con un valor de 9,80% donde se utilizó tanto los gránulos de mayor tamaño como los de menor tamaño obtenidos de la primera molienda.

Se acepta la hipótesis al utilizar el método de vía húmeda para la extracción del almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*).

### **3.7.3. Prueba de Hipótesis específica 2 (H2)**

La temperatura, pH y tiempo permiten realizar un proceso óptimo para la obtención del ácido láctico. Los resultados adquiridos durante la experimentación y mediante el análisis estadístico ANOVA, establecen que las condiciones más adecuadas para la fermentación fueron a una temperatura de 40°C, pH  $6,5 \pm 0,03$  y 120 horas, cabe recalcar que estas dos últimas fueron variables fijas. El *Lactobacillus rudii* y el Fermento R-703 se acoplaron a estos parámetros ya que se trata de bacterias termófilas que soportan altas temperaturas, no obstante, el fermento posee bacterias mesófilas que se adaptan a temperatura ambiente, debido a esto, a 30°C se produjo un menor porcentaje de ácido láctico (Sierra, Trabazo y Velázquez 2006).

Por lo tanto, la hipótesis es aceptada ya que si influyen la temperatura, pH y tiempo para el proceso de fermentación ya que a condiciones adecuadas se puede obtener un mayor porcentaje de ácido láctico.

#### ***3.7.4. Prueba de Hipótesis específica 3 (H3)***

La destilación al vacío es un proceso que permite separar el ácido láctico obtenido de la fermentación del inóculo ya que poseen diferentes puntos ebullición, en el caso del ácido láctico, éste ebulle a 122°C, sin embargo, al utilizar el rotavapor la temperatura disminuye a la mitad (61°C), debido a que el equipo utiliza la presión, dejando en el matraz de destilación el inóculo mientras que en el matraz recolector se recogió un producto más puro con las características propias de este compuesto el cual es un pH ácido, incoloro, inodoro y viscoso, en la tabla 10-3, se muestran los resultados de pH obtenido antes y después de haber realizado esta destilación. La hipótesis es aceptada ya que la destilación al vacío separó el ácido láctico de los desechos de la fermentación.

#### ***3.7.5. Prueba de Hipótesis específica 4 (H4)***

El análisis instrumental permite caracterizar el ácido láctico, pues la espectroscopia infrarroja detecta los grupos funcionales del ácido láctico obtenido del proceso de fermentación confirmando así la presencia de este, tal como muestra la figura 1-3, por otro lado, la acidez titulable, mediante la ecuación 2-3 da el porcentaje de ácido láctico obtenido cuyos resultados se encuentran expresados en la tabla 11-3.

## CONCLUSIONES

- Se obtuvo el ácido láctico del almidón de maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) al utilizar la fermentación anaerobia de las bacterias ácido lácticas, en este caso, *Lactobacillus rudii* y Fermento R-703, para lo cual la temperatura, acidez de la solución y grados brix, influyen directamente en el crecimiento bacteriano, produciendo un compuesto óptimo para su uso dentro de la industria cosmética.
- Se extrajo el almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) por vía húmeda permitiendo obtener un rendimiento de 9,257% luego de haber realizado 3 repeticiones, resultó un método muy eficaz ya que se aprovechó la mayor parte de la materia prima en cada una de las operaciones unitarias realizadas, pues el secado fue a una temperatura de 50°C por 10 horas hasta que el peso del almidón se encuentre constante, por otro lado, el número del tamiz fue de 180µm de tal manera que los gránulos de almidón tengan uniformidad y que permita retener las partículas de mayor tamaño. Finalmente, al realizar las diferentes pruebas de caracterización del almidón se obtuvo el 12,157% de humedad, el 0,370 en cenizas; 1,110% de proteínas; 0,44% de fibra y 9% de grasa por lo que se puede concluir que cumple con los estándares dispuestos en la norma INEN para almidones solubles.
- Se realizó el proceso de fermentación del almidón del maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) considerando la temperatura, pH y tiempo como parámetros que permitieron obtener el ácido láctico. Tanto el *Lactobacillus rudii* como el Fermento R-703 que posee bacterias termófilas se adaptaron a los 40 °C, al medio ácido de 6,5 y al tiempo de fermentación, que en este caso fueron 120 horas, sin embargo, el *Lactobacillus rudii* tuvo un rendimiento aceptable al someterlo a los 30°C puesto que según bibliografía los *lactobacillus* tienden a fermentar en un rango de 30 a 45 °C, con un pH inferior a 7, por el contrario del Fermento puesto que también posee bacterias mesófilas que se adaptan desde los 20 a 25°C, por lo tanto, no se encontraban en el medio adecuado causando un bajo porcentaje de ácido láctico.
- Se separó el ácido láctico del inóculo preparado mediante la destilación al vacío ya que poseen diferentes puntos de ebullición, obteniendo un producto más puro debió a que el medio en el que se realizó la fermentación contenía varios componentes como caldo MRS en el que se activó a las bacterias ácido lácticas y la solución del almidón. La temperatura de ebullición del ácido láctico es de 122°C, sin embargo, al momento de la destilación fue de 61°C debido a que el equipo de esta operación unitaria trabaja con presión, minimizando el tiempo que tarda en completarse dicho proceso. Por lo tanto, el resultado obtenido fue un ácido láctico incoloro, inodoro y viscoso, propio de este compuesto orgánico.

- Se caracterizó el ácido láctico mediante el análisis instrumental de espectroscopia infrarroja para detectar los grupos funcionales, en la figura 1-3 se puede visualizar cada una de las bandas de este compuesto, además se procedió a realizar la acidez titulable para obtener el porcentaje final después de la fermentación siendo así que la mayor concentración fue de 2,227 del *Lactobacillus ruidii*, seguido de 1,54 del Fermento R-703 y 0,567 y 0,32 respectivamente. En consecuencia, las muestras 3 y 4 que corresponden a la fermentación a los 40 °C con el *Lactobacillus ruidii* y el Fermento R-703 son los que cumplen con los parámetros establecidos por la “Guía para producir materias primas y productos cosméticos seguros desde el punto de vista microbiológico y de la conservación” para la fabricación de cremas hidratantes ya que poseen el pH y concentración óptimas para este tipo de cosméticos.



## **RECOMENDACIONES**

- Lavar de tres a cuatro veces el sedimentado para que se pueda obtener el almidón más blanco ya que dependiendo de la materia prima se puede tornar de otro color, en este caso una repetición obtuvo un almidón de color amarillento.
- Mejorar el proceso de hidrolizado para obtener una mayor cantidad de azúcares fermentables ya que en esta investigación se utilizó glucosa comercial para ajustar y enriquecer el medio de fermentación para las bacterias ácido lácticas.
- Esterilizar cada material que se utilice para evitar contaminaciones y que la bacteria muera.
- Buscar otro método para mejorar el porcentaje de concentración del ácido láctico para que se lo pueda utilizar en cosméticos exfoliantes ya que el rango se encuentra de 5 al 10%.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGUDELO, N., TORRES, M., ALVAREZ, C. y VÉLEZ, L.** *Bacteriocinas Producidas Por Bacterias Ácido Lácticas Y Su Aplicación En La Industria De Alimentos. Alimentos hoy* [en línea], 2015, vol. 23, no. 36, pp. 63-72. Disponible en: <http://www.alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/356>.

**ALARCÓN, A. y CAICEDO, M.** “OBTENCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN PRESENTE EN LA CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)”. 2021.

**ALVAREZ, A.** *Aplicaciones del maíz en la tecnología alimentaria y otras industrias*. Informes Especiales de ILSI Argentina Vol II, 2006, pp. 10-11.

**ARIAS, M., HENAO, L. y CASTRILLÓN, Y.** *Lactic acid production by fermentation of coffee mucilage with Lactobacillus bulgaricus NRRL-B548*. *Dyna*, vol. 76, no. 158, 2009, pp. 147-153. ISSN 2346-2183.

**ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T.** *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. *Fao* [en línea], vol. 163, , 2007, pp. 134. ISSN 1944-8244. DOI 9253056770-9789253056774. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

**ASTRID, M., IMAD, A. y LUIS, A.** *Isolation and Characterization of Starch From Pigmented Maizes*. , 2005.

**BAILON, R.** *Fermentaciones Industriales*. *Revista de la Universidad de Callao* [en línea], vol. 1, no. 2, 2012, pp. 17-24. Disponible en: [https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes\\_Finales\\_Investigacion/IF\\_M AYO\\_2012/IF\\_BAILON NEYRA\\_FIPA.pdf](https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_M AYO_2012/IF_BAILON NEYRA_FIPA.pdf).

**BARRAZA, G.** *Extracción de almidón*. , 2016.

**BENAVIDES, M.** *Aplicación de la fermentación láctica como estrategia de transformación y valorización de matrices vegetales*. *Universidad Politecnica de Catalunya Barcelonatech* [en línea], 2019. pp. 1-275. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/669678/TMABM1de1.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

**BERNAL, C., MORALES, D., CUELLAR, L. y JARAMILLO, S.** *Hidrólisis enzimática de Almidón.* , vol. 10, 2017, pp. 129-140.

**BRITO, H.** *Texto Básico de Operaciones Unitarias I.* *ResearchGate* [en línea], vol. 1, no. June 2000, , 2000, pp. 33. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/313673724>.

**BRITO, H.** *Texto Básico Operaciones Unitarias II.* , 2001, no. April.

**BURGOS, L.** ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS CINÉTICOS PARA EL CONSUMO DE SUSTRATO DE PIÑA (ANANAS COMOSUS MERR.) POR LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS EN LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO. *Journal of Materials Processing Technology* [en línea], vol. 1, no. 1, 2018, pp. 1-8. ISSN 09240136. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.o>.

**BUSTAMANTE, R. y PERALTA, M.** *CARACTERIZACIÓN DE BIOPOLÍMERO OBTENIDO A PARTIR DE LECHE DE VACA Y ALMIDÓN DE YUCA.* , 2018.

**CALVOPIÑA, C. y MANOTOA, J.** Obtención de ácido láctico a partir de lactosuero y almidón de papa mediante fermentación láctica. , 2020.

**CARBONERO, P.** *Bioquímica de las fermentaciones.* Monografías de la Universidad Politécnica de Madrid, 1975, pp. 50.

**CHAQUI, C.** *Formación de una variedad experimental de maíz amarillo suave (Zea mays l.) tipo "Mishca" a partir de medios hermanos y hermanos completos.* *Tumbaco, Pichincha.* [en línea], 2013, pp. 85. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1059/1/T-UCE-0004-11.pdf>.

**COSM, P.** *Guía para producir materias primas y productos cosméticos seguros desde el punto de vista microbiológico y de la conservación.* , 2021, pp. 1-10.

**CUADRADO, E.A.** *Diseño de un proceso industrial para la obtención de almidón a partir del camote (Ipomoea batatas L.) para su uso alimenticio.* , 2019, pp. 202.

**DAELOS AGRÍCOLA.** *Almidon de maíz.* , 2013, pp. 1-2.

**DELGADO, J. y REALPE, P.** Producción de ácido láctico por fermentación de la bacteria *Lactobacillus casei* utilizando cáscara de cacao (*Theobroma cacao*). Universidad de Guayaquil, 2019. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40005>

**DELGADO, Y.** “APLICACIONES DE ALMIDONES NATIVOS Y MODIFICADOS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA Y CÁRNICA”. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018. Disponible en: <https://1library.co/document/y6j950gq-aplicaciones-almidones-nativos-modificados-industria-lactea-carnica.html>

**ESCOBAR, X.** Diseño del proceso de bioproducción de ácido láctico a partir de residuos de la agricultura. , 2019, pp. 11.

**FAGRÓN IBÉRICA.** *Ácido (s) láctico.* , 2011, pp. 7-8.

**FERNÁNDEZ, E., ALEGRÍA, Á., DELGADO, S., MARTÍN, M.C. y MAYO, B.** *Comparative phenotypic and molecular genetic profiling of wild Lactococcus lactis subsp. lactis strains of the L. lactis subsp. lactis and L. lactis subsp. cremoris genotypes, isolated from starter-free cheeses made of raw milk.* Applied and Environmental Microbiology, vol. 77, no. 15, 2011, pp. 5324-5335. ISSN 00992240. DOI 10.1128/AEM.02991-10.

**GARCIA, C. y SALMERÓN, L.** Estudio comparativo de la producción a escala de laboratorio de jarabe de glucosa por medio de la hidrólisis ácida de almidón de yuca y almidón de papa. *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, 2019, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596.

**GIL-CASTAÑO, G. y CARDONA, R.** Emollients: Benefits, key elements, and clinical application. *Revista Alergia Mexico*, vol. 67, no. 2, 2020, pp. 128-141. ISSN 00025151. DOI 10.29262/RAM.V67I2.730.

**GOLDONI, C.** *Ficha técnica de Ácido Láctico.* Frama-Química Sur S.L [en línea], 2013, pp. 82099607. Disponible en: [http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Revision\\_acido\\_lactico\\_270\\_120.pdf](http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Revision_acido_lactico_270_120.pdf)

**GÓMEZ, R., TÉLLEZ, S., RAMÍREZ, J., VÁZQUEZ, M. y JACQUES, C.** Producción de ácido láctico en medios nutritivos adicionados con jarabes de fructosa a partir de la hidrólisis de la inulina del Agave americana. *Aprovechamiento biotecnológico de productos agropecuarios II*, no. April 2017, pp. 67-76.

**GUACHO, E.** CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLOGICA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) DE LA LOCALIDAD SAN JOSÉ DE CHAZO.”. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2014. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3455>.

**HIGUERUELO, A.** *AHA (Alfahidroxiácidos). Uso en los productos cosméticos - Tandem HSE.* [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://tandemsl.com/seguridad-de-producto-blog/aha-alfahidroxiacidos-uso-en-los-productos-cosmeticos/>.

**HOYOS, S.** SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE ÁCIDO POLI L-LÁCTICO DE BAJO PESO MOLECULAR PARA APLICACIONES BIOMÉDICAS. *Universiddad del Vallle*, vol. 66, no. December, 2012, pp. 37-39.

**INEN, N.** *Productos De Proteína De Trigo Incluido El Gluten De Trigo (Codex Stan 163-1987, Mod)* INEN, N., 2013. *Productos De Proteína De Trigo Incluido El Gluten De Trigo (Codex Stan 163-1987, Mod)*. , 2013, pp. 10. , pp. 10.

**IÑIGUEZ, A. y CASTILLO, A.** Obtención del ácido láctico a partir del almidón de papa (*Solanum Tuberosum* L), como materia prima para la fabricación de material descartable biodegradable. *Trends in Food Science and Technology* [en línea], vol. 11, no. 3, 2011, pp. 293-301. ISSN 0268005X. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0268-005X\(97\)80059-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0268-005X(97)80059-8) <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.06.051> <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861714006675>.

**LAFFORT.** *Ácido láctico*, 2018 , pp. 1-12.

**LI, F., CHENG, C.C., ZHENG, J., LIU, J., QUEVEDO, R.M., LI, J., ROOS, S., GÄNZLE, M.G. y WALTER, J.** *Limosilactobacillus balticus* sp. Nov., *limosilactobacillus agrestis* sp. nov., *limosilactobacillus albertensis* sp. nov., *limosilactobacillus rudii* sp. nov. and *limosilactobacillus fastidiosus* sp. nov., five novel *limosilactobacillus* species isolated from t. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, vol. 71, no. 2, 2021, pp. 1-21. ISSN 14665034. DOI 10.1099/ijsem.0.004644.

**LISI, M.** CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES DE MAÍZ: NATIVO Y MODIFICADOS. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2012.

**LÓPEZ, S. y OZAETA, G.** “Extracción de almidón a partir de arroz de rechazo molido como viscosante en la elaboración de cinco cosméticos”. , 2013 , pp. 1-74. ISSN 00084034. DOI 10.1002/cjce.21787.

**MALDONADO, V.** *Sedimentación*. [en línea], 2015. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoII/ma1\\_tomo2\\_cap7.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoII/ma1_tomo2_cap7.pdf).

**MARÍN, J.** *Química del almidón*. , 2016.

**MEDINA, J., GARCÍA, F., PARICAGUÁN, B., ROJAS, J., CASTRO, X. y LUGO, F.** Obtención de ácido láctico por fermentación del mosto del fruto de cuji ( *Prosopis juliflora* ) y su posterior poli-condensación con zinc metálico a poli ( ácido láctico ) ( PLA ). Obtain lactic acid by fermentation of must cuji. , 2014, pp. 52-59.

**NAMESFORLIFE.** Taxonomía de la subespecie *Lactococcus lactis cremoris* (Orla-Jensen 1919) Schleifer et al. 1986. *Taxonomía Lactococcus lactis cremoris* [en línea]. [Consulta: 21 julio 2021]. Disponible en: <https://www.namesforlife.com/10.1601/tx.5697>.

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 13.** Determinación de la acidez titulable. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. [en línea], vol. 3, 1973, pp. 1-7. Disponible en: [file:///C:/Users/stiven/Downloads/13 \(1\).pdf](file:///C:/Users/stiven/Downloads/13%20(1).pdf).

**NTE INEN, 1456:1986,** NORMA TÉCNICA ECUATORIANA REACTIVOS PARA ANÁLISIS . ALMIDÓN SOLUBLE ( PARA Primera edición. 2012 , pp. 2-9.

**PANESSO, G., PARDO, M. y SEPÚLVEDA, L.** Producción de Ácido láctico ( *Lactobacillus casei* ). *UNC Medellín* [en línea], vol. 3, no. June, 2015, pp. 16. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/278414362\\_Produccion\\_de\\_Acido\\_lactico\\_lactobacillus\\_casei](https://www.researchgate.net/publication/278414362_Produccion_de_Acido_lactico_lactobacillus_casei).

**PATIÑO, M.** Aplicación de la biotecnología láctea de fermentos LAB para la mejora de la producción de queso tipo fresco en la industria Nandito. *Universidad del Azuay*, 2011.

**PEREIRA, U.T.** Filtración y Decantación. , 2016, pp. 99-117.

**PUERTAS, M.** “EFECTO DE LA CINÉTICA DE HIDRÓLISIS ÁCIDA DE ALMIDÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL RENDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ETANOL”. [en línea]. Piura: Universidad Nacional de Piura. [Consulta: 8 agosto 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1389/IND-PUE-ZET-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**RAMÍREZ, J., ROSAS ULLOA, P., VELAZQUEZ GONZALEZ, M.Y., ULLOA, J y ARCE ROMERO, F.** Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Repositorio institucional Aramara* [en línea], no. 9, , 2011, pp. 44-51. Disponible en: <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/436>.

**SAELEE, N. y SRIROTH, K.** Optimization of Nutrients in Fermentative Lactic Acid Production Using Oil Palm Trunk Juice as Substrate. , no. October, 2014, pp. 957-965.

**SÁNCHEZ, I.** Maíz (*Zea mays*). *Reduca (Biología). Serie Botánica* [en línea], vol. 7, no. 2, 2014a, pp. 151-171. ISSN 1989-3620. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/27974/1/MAIZ I.pdf>.

**SÁNCHEZ, I.** Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología). Serie Botánica* [en línea], vol. 7, no. 2, 2014b. pp. 151-171. ISSN 1989-3620. Disponible en: <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/1739/1776%0A%0A>.

**SCCNFP.** CONSUMER SAFETY OF ALPHA-HYDROXY ACIDS. , no. May, 2004.

**SERNA-COCK, L. y STOUVENEL, A.R.** Producción Biotecnológica De Acido Láctico: Estado Del Arte Biotechnological Production of Lactic Acid: State of the Art Producción Biotecnológica De Ácido Láctico: Estado Do Arte. *Ciencia y Tecnologia Alimentaria*, vol. 5, no. 1, 2005, pp. 54-65. ISSN 1135-8122. DOI 10.1080/11358120509487672.

**SERRANO, J.L.** Espectroscopía infrarroja 1-Fundamentos. *Instrumentacion y métodos de análisis químico*, 2009, pp. 35.

**SIERRA, R.T., TRABAZO, R.L. y VELÁZQUEZ, J.B.** *Productos lácteos fermentados.* , vol. 4, no. 1, 2006, pp. 54-66.

**SOTO, C.A.** Evaluación de la producción de ácido láctico empleando residuo de mora y suero de leche en sistema de lote. [en línea], 2015. pp. 1-51. Disponible en: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2488/EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO EMPLEANDO RESIDUO DE MORA Y SUERO DE LECHE EN SISTEM.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2488/EVALUACIÓN_DE_LA_PRODUCCIÓN_DE_ÁCIDO_LÁCTICO_EMPLEANDO_RESIDUO_DE_MORA_Y_SUERO_DE_LECHE_EN_SISTEM.pdf?sequence=1).

**TEJADA, R.** Obtención de ácido láctico por fermentación de almidón de Espino mediante el *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus* para su uso en la producción de ácido poliláctico. , 2015.

**TORRES, Á.** *Manual de instrucciones PCE-Oe*. 2017 , pp. 18.

**TORRES, H. y LÓPEZ, X.** *Situación de la cosmetología y de la estética dentro de la dermatología*. [en línea], vol. 33. 2005. Disponible en: <http://www.medcutan-ila.org/images%5Cpdf/articulos/2005/1/pdf/04-088.pdf>.

**URRIBARRÍ, L., VIELMA, A., PAÉZ, G., FERRER, J., MÁRMOL, Z. y RAMONES, E.** Producción de ácido láctico a partir de suero de leche, utilizando *Lactobacillus helveticus* en cultivo continuo. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, vol. 14, no. 4, 2004, pp. 297-302. ISSN 07982259.

**VERA, A.F. y CHAVARRÍA, M.A.** Extracción y caracterización del almidón de papa (*solanum tuberosum*) variedad leona blanca. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, vol. 10, no. 2, 2020, pp. 26-34. ISSN 2413-192X. DOI 10.5377/elhigo.v10i2.10550.



## ANEXOS

### ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DEL MAÍZ CHULPI



a)



b)



c)

a) Secado del maíz chulpi

b) Primera molienda del maíz chulpi

c) Sedimentado

**ANEXO B: PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DEL MAÍZ CHULPI**



a)



b)



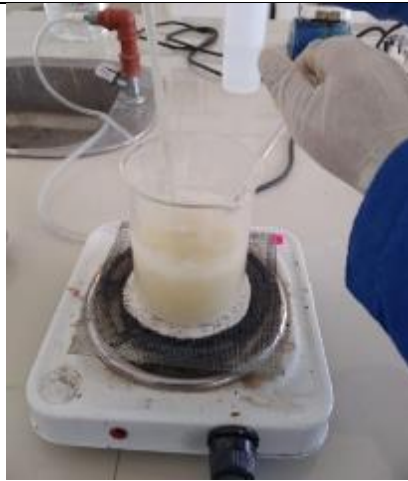
c)

a) Secado del sedimentado a 45°C

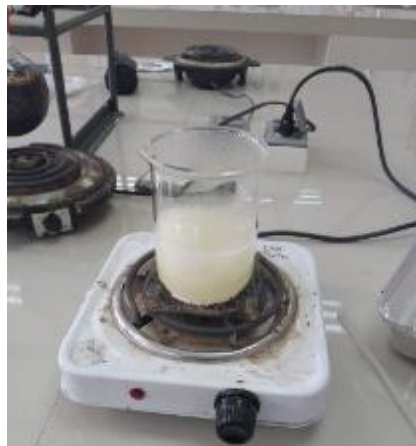
b) Molienda del almidón

c) Almidón extraído

## ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DEL MAÍZ CHULPI



a)



b)



c)

a) Temperatura de gelatinización

b) Solubilidad

c) Humedad

## ANEXO D: HIDRÓLISIS ÁCIDA DEL ALMIDÓN DEL MAÍZ CHULPI



a)



b)



c)

a) Hidrolisis ácida después de colocar en la autoclave

b) Azúcares fermentables formados de la hidrolisis ácida

c) Medición de grados brix en el refractómetro

## ANEXO E: ACTIVACIÓN DE LA BACTERIA



a)



b)



c)

a) Activación de bacterias ácido lácticas en el caldo MRS

b) Incubación en jarras anaerobias a 37°C

c) Crecimiento de las bacterias ácido lácticas después de 24 horas

## ANEXO F: FERMENTACIÓN DEL ALMIDÓN Y LAS BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS



a)



b)



c)

a) Colocación del inóculo en la solución de almidón de maíz chulpi

b) Incubación en jarras anaerobias a 30 y 40 °C

c) Producto final fermentado



## ANEXO G: SEPARACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO Y EL INÓCULO FERMENTADO



a)



b)

a) Equipo de destilación al vacío

b) Ácido láctico destilado

## ANEXO H: CARACTERIZACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO



a)



b)



c)


a) Acidez titulable con hidróxido de sodio 0,1 N

b) Medición del pH

c) Equipo de espectroscopia infrarroja



## ANEXO I: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL ALMIDÓN

  
**saqmic**  
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN AGUA Y ALIMENTOS

**INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO**

**Fecha:** 18 de agosto de 2021

**Análisis solicitado por:** Srta. Adriana Michelle Guamán Pinto

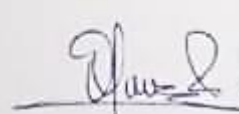
**Tipo de muestras:** Almidón de maíz chulpi (*Zea mays sacchara*)


**Localidad:** Riobamba

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	Resultados
Proteína bruta	%	1,11
Fibra	%	0,44

Observaciones:  
Atentamente

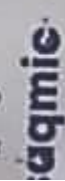
  
Dra. Gina Álvarez R.



**RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO**

**Nota:** El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid  
Contactanos: ☎ 0998580374 ☎ 032 942 322  
Saqmic Laboratorio  
Riobamba - Ecuador



## ANEXO J: BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS



a)



b)

a) Fermento R-703

b) *Lactobacillus rudii* obtenida del proyecto de investigación de industrias pecuarias con su proyecto “Aislamiento, purificación y selección de microorganismos de interés agroindustrial a partir de suelos de bosques primarios de la zona 3”.



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL*

*REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA*

Fecha de entrega: 06 / 04 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Adriana Michelle Guaman Pinto</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería Química</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera Química</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO  
FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,  
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,  
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,  
serialNumber=0000621485,  
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2022.04.06 09:55:10 -05'00'



0490-DBRA-UTP-2022