

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

Mon
664.81
P438
2011



ESTUDIO DE LOS PARAMETROS DE FERMENTACION DE VEGETALES POR LOS METODOS DE SUMERGIDO Y SALADO EN SECO.

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

BR. CHESTER ALBERTO PÉREZ ROBLERO.

BR. CARLOS ROBERTO TRUJILLO ZAPATA.

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

TUTOR

MSc. Maritza Sánchez Christoffle.

Managua, Diciembre 2011

DEDICATORIA

El presente trabajo monográfico lo dedicó a:

Primeramente a Dios nuestro Padre, por su infinita bondad y amor; por darme la oportunidad de vivir, y estar siempre a mi lado a lo largo de mi vida y permitirme culminar esta etapa de formación.

A María nuestra Madre celestial por su amor y protección siempre.

A mi Familia, de una manera especial a mis Padres, como agradecimiento a su esfuerzo, amor, consejos y apoyo incondicional durante toda mi formación tanto personal como profesional.

A mis abuelas y abuelo, por sus consejos y recomendaciones, asimismo porque siempre han sido un ejemplo, un estímulo a ser perseverante y realizar de forma correcta las cosas.

A la Familia MSC, por su espera, comprensión y ánimo.

“Dad gracias al Señor porque es bueno, porque es eterna su misericordia”. Salmo 117

A Dios padre Todopoderoso a la Santísima virgen de las Mercedes, creadores, amparo y fortaleza cuando más lo necesito; por cobijarme con sus santísimos mantos, por haber escuchado mis ruegos y nunca dejarme desamparado.

A mis padres Carlos Trujillo y María Elena Zapata, por brindarme un hogar cálido, por darme la vida, una maravillosa formación, por su ternura y todo su amor, por contagiarme de sus mayores fortalezas y por haber depositado ese voto de confianza en mí.

A mi único hermano Ingeniero Norman Trujillo símbolo y ejemplo vivo a seguir; agradecido por haberme brindado sus consejos y aquel apoyo incondicional en los momentos más difíciles en los cuales me vi afectado durante esta trayectoria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a:

A mis Padres Chester Pérez y Karla Roblero, por cultivar e inculcar desde pequeño ese sabio don de la responsabilidad y el respeto.

A la Facultad de Ingeniería Química, y docentes por haberme permitido ser parte de esta generación, y por brindarme su guía y sabiduría en el desarrollo a lo largo de todo el proceso.

A Msc. Maritza Sánchez, Gracias por su tiempo, por su apoyo y dedicación que nos brindo en el desarrollo de este trabajo monográfico. ¡Se lo agradezco Profe!

A Margarita Pérez, por su amistad, accesibilidad, apoyo y colaboración que demostró siempre, en diferentes situaciones, no solo conmigo sino con varios que pasamos por la facultad. ¡Gracias Margarita!

A Br. Carlos Trujillo, por compartir juntos este logro alcanzado.

En General a todos los que brindaron su tiempo y colaboración para la culminación de mi carrera y el presente trabajo monográfico.

A mi tutora de Tesis Ingeniera Maritza Sánchez por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad; y al resto de educadores que hoy pueden ver un reflejo de lo que han formado y que sin duda han calado hondo en nuestras vidas.

A mi compañero de tesis Chester Pérez por darme su voto de confianza para lograr llegar al final de este trabajo.

A mis amigos y amigas por darme todo su apoyo, por ayudarme a crecer y a encontrar mi lugar en el mundo, por darme muchos días felices y llenos de risa, por darme sus hombros para llorar y dejarme entrar en sus vidas y compartir conmigo un poquito de cada uno de ustedes.

No puedo dejar de agradecer a todo el personal administrativo de la facultad de Ingeniería Química, especialmente a Margarita por su apoyo incondicional que me brindo durante toda la carrera.

Por último quiero agradecer a esta hermosa universidad por permitirme crecer en todos los aspectos de mi persona, por ofrecirme a toda las actividades que contribuyeron a mi educación y porque aquí he vivido la mejor etapa de mi vida.

A todos los mencionados anteriormente y los que no me mencione anteriormente por motivo de espacio, gracias porque de una u otra manera me

ayudaron para terminar de escalar este peldaño dando todos un granito de arena. Sepan que me voy pero siempre estarán dentro de mis pensamientos porque las buenas cosas nunca se olvidan.

RESUMEN

Este Trabajo consistió en la obtención de Vegetales Fermentados (Coliflor, Brócoli, Cebolla, Zanahoria, Pepino, Chayote, Chile Jalapeño), con inóculo (Yogurt 1%) y sin inóculo. El proceso involucra las siguientes etapas: Selección, Lavado, Pesado, Pelado, Trozado, Mezclado, Fermentación, Envasado y Pasteurizado. Los Vegetales Fermentados es uno de los productos de conservación de alimentos en el cual se combina el salado para el control selectivo de microorganismos, y la Fermentación para estabilizar los tejidos salados es llevada a cabo por bacteria ácido lácticas, cuya actividad se desarrolla en ausencia de oxígeno.

Durante el proceso de Mezclado, se adicionó Cloruro de Sodio (sal bruta) y yogurt como catalizador, para producir la fermentación ácido-láctica y para inhibir la proliferación de microorganismos putrefactivos y el desarrollo de especies patogénicas y toxigénicas.

El proceso de fermentación de vegetales se llevo a cabo por 7 días, controlando el pH y el porcentaje de acidez para cada muestra del vegetal. Los resultados obtenidos mostraron que el pH disminuye desde 5.77 hasta 3.5. Se observa un aumento de la acidez desde 0.018% hasta 0.817%. Estos resultados están dentro de los parámetros de aceptación para vegetales fermentados.

Durante el proceso se realizaron 3 pruebas experimentales a escala de laboratorio por los métodos sumergido y salado en seco con inóculo y sin inóculo con 3 porcentajes diferentes de Cloruro de Sodio o Sal bruta: 12, 2.5, 10% respectivamente, con el objetivo de observar el comportamiento de los parámetros a estudiar, obteniendo el mejor resultado por el método seco al 10% en peso de sal y al 1% en peso de inóculo; con el método sumergido no se obtuvo resultado satisfactorios debido a que en un medio acuoso la proliferación de microorganismos es muy alta.

El estudio involucró la realización de un panel sensorial con 50 panelistas, con la finalidad de valorar la aceptabilidad del producto: olor, color, sabor, textura y apariencia. El estudio mostró que la fermentación de zanahoria con inóculo fue el producto que obtuvo el mayor grado de aceptación.

INDICE

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
CARTA DE TUTOR.....	iii
RESUMEN.....	iv
I. INTRODUCCION.....	4
II. ANTECEDENTES.....	5
III. JUSTIFICACION.....	6
IV. OBJETIVOS.....	7
4.1.- Objetivo General	7
4.2.- Objetivos Específicos	7
V. MARCO TEÓRICO	8
5.1.- Generalidades.....	8
5.2.- Vegetales a Manipular	9
5.2.1.- Zanahoria.....	9
5.2.2.- Pepino.....	10
5.2.4.- Coliflor.....	11
5.2.5.- Brócoli.....	12
5.2.6.- Chayote.....	13
5.2.7.- Cebolla.....	14
5.3.- Composición y Aspectos Nutritivos de los Vegetales.....	15
5.4.- Procesos de la Fermentación Láctica.....	15
5.4.1.- Fermentación inicial	16
5.4.2.- Fermentación Primaria.....	16
5.4.3.- Fermentación Secundaria.....	17
5.4.4.- Post – Fermentación.....	17
5.5.- Cambios durante la Fermentación.....	17
5.5.1.- Cambios Físicos	17
5.5.2.- Cambios Químicos.....	17
5.5.3.- Cambios Microbiológicos.....	17
5.6.- Rutas metabólicas para la obtención de Ácido Láctico.....	18
5.7.- Condiciones que Permiten Obtener Vegetales Fermentados de Buena Calidad	19
5.7.1.- Selección	19
5.7.2.- Limpieza.....	19
5.7.3.- Temperatura.....	19
5.7.4.- Exclusión del Aire	19
5.7.5.- Concentración de Sal	20
5.7.6.- Condiciones para el Envasado.....	20
5.8.- Etapas del proceso de elaboración de vegetales fermentados (Zanahoria, pepino y chile jalapeño, coliflor, brócoli, chayote, cebolla)	21

5.8.1.-	Recepción y selección de los Vegetales	21
5.8.2.-	Lavado de vegetales	21
5.8.3.-	Pesado de los vegetales.....	21
5.8.4.-	Trozado de los vegetales.....	21
5.8.5.-	Mezclado.....	21
5.8.6.-	Fermentación.....	22
5.8.7.-	Envasado	22
5.8.8.-	Almacenado	22
5.9.-	Análisis Sensorial	22
5.9.1.-	Método Analítico	23
5.9.2.-	Métodos de Análisis Estadísticos	23
5.9.3.-	Logística para el Desarrollo de un Análisis Sensorial	23
5.9.4.-	Aplicaciones del Análisis Sensorial.....	24
VI.	METODOLOGÍA.....	25
6.1	Material.....	25
6.2	Método	26
6.3.-	Procedimiento para la fermentación de los Vegetales	27
6.3.1.-	Recepción	27
6.3.2.-	La selección	27
6.3.3.-	Lavado	27
6.3.4.-	Pesado.....	27
6.3.5.-	Pelado y Troceado.....	28
6.3.6.-	Mezclado.....	28
6.3.7.-	Fermentación.....	28
6.3.8.-	Llenado y Envasado.....	28
6.4.-	Análisis Implementado en el Proceso de Elaboración	28
6.4.1.-	Temperatura y tiempo de fermentación.....	28
6.4.2.-	Análisis de pH y Acidez	28
6.4.3.-	Rendimiento Másico.....	29
6.4.4.-	Análisis de la calidad.....	29
VII.	DISCUSION Y RESULTADOS.....	30
7.1.-	Resultados de la Primera Prueba Experimental al 12% NaCl por el método sumergido con las variantes con y sin inóculo.....	30
7.2.-	Resultados de la Segunda Prueba Experimental al 12% NaCl por el método salado en seco con las variantes con y sin inóculo.....	32
7.3.-	Resultados de la Tercera Prueba Experimental al 2.5% NaCl por el método sumergido con las variantes con y sin inóculo.....	35
7.4.-	Resultados de la Cuarta Prueba Experimental al 2.5% NaCl por el método salado en seco con las variantes con y sin inóculo.....	37
7.5.-	Resultados de la Quinta Prueba Experimental al 10% NaCl por el método salado en seco con las variantes con y sin inóculo.....	38

VIII.	Resultados del Análisis Sensorial.....	44
IX.	CONCLUSIONES.....	45
X.	RECOMENDACIONES.....	46
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
8.1.-	Textos.....	47
8.2.-	Sitios Web.....	47
XII.	ANEXOS.....	48
	Diagramas de los diferentes procesos de elaboración de los vegetales.....	50

I. INTRODUCCION

Nicaragua se ha destacado por ser mayormente agrícola, teniendo condiciones agro-climáticas muy favorables para la producción de frutas y vegetales durante todo el año. La calidad de la materia prima juega un papel importante para la obtención del producto; por lo tanto los productores agrícolas (en caso de vegetales) deben ofertar materia prima que presenten las condiciones necesarias y calidades adecuada para ser utilizadas.

En la actualidad existen industrias procesadoras de vegetales que en su mayoría son de origen familiar, prevaleciendo los micros y pequeñas industrias con un auge en desarrollo artesanal y semi-artesanal de productos autóctonos, con materia prima nacional entre los cuales se encuentran los vegetales, siendo utilizados para elaborar encurtidos.

La elaboración de vegetales fermentados en Nicaragua no ha tenido importancia, debido a la falta de información sobre los valores nutricionales y el rendimiento económico que éstos pueden aportar.

Los vegetales fermentados son fuentes alimentarias, ya que no son sometidos a tratamientos térmicos bruscos por lo que su composición nutricional no sufren cambios, además garantizan la inexistencia de microorganismos patógenos que son perjudiciales para la salud humana, esto se debe al bajo pH que contienen dichos productos.

La fermentación es uno de los métodos más antiguos conocidos en la preparación y conservación de alimentos. Aunque se desconoce su origen exacto, se cree que la aplicación de este método para la preparación de productos vegetales se inició en el oriente.

La fermentación de vegetales se obtiene dejando que las hortalizas frescas sufran un proceso de fermentación láctica de forma espontánea que, al descender el pH, impide el crecimiento de los microorganismos alterantes sensibles al medio ácido. Además se produce un ablandamiento enzimático de la estructura celular, con lo que mejora la digestibilidad y la calidad comestible. De esta manera se obtienen productos con sabores nuevos (Arthey, D.)

Lo expuesto anteriormente conduce a la búsqueda de información más explícita de dicho proceso (fermentación de vegetales) a través de la elaboración de estos, utilizando materia prima nacional.

Con el desarrollo de este trabajo se pretende darle un valor agregado a los vegetales con características organolépticas diferentes a la de los encurtidos que consumimos en la actualidad al obtener un producto fermentado a nivel de laboratorio, utilizando como medio de fermentación el cultivo láctico en condiciones anaeróbicas, determinando así las variables que influyen durante el proceso de fermentación de los vegetales tales como pH, Temperatura, tiempo acidez, y las características organolépticas.

II. ANTECEDENTES

La producción nacional de vegetales y frutas frescas es relativamente pequeña significando el 10.5 % de todos los productos agrícolas. Los cultivos de hortalizas incluyen una gran variedad de chiltomas, cebollas rojas, amarillas y blancas, zanahorias, lechuga, repollo, papas, apio, coliflor, brócoli, rábano, calabazas, pepino, etc. La mayoría de las frutas y los vegetales frescos son producidos por alrededor de 15,000 pequeños agricultores, diseminados principalmente en el corredor nor-central del país. Los productores generalmente venden su producción en la puerta de la finca, en el tiempo más corto que sea posible, para reducir el porcentaje de pérdidas que suele ocasionar el hecho que sean perecederos estos productos, debido a que no disponen de facilidades de enfriamiento para extender su vida de anaquel.

Actualmente en la industria alimentaría se han desarrollado métodos para perfeccionar las técnicas de preservación de vegetales dentro de los cuales se encuentran las conservas, la deshidratación y la fermentación de vegetales, este último pueden variar según el método que se emplee para su elaboración.

Los técnicas más empleados para la fermentación de vegetales son: el salado, la salmuera y la fermentación a base de cultivos lácticos con inóculo y sin inóculo.

La elaboración de encurtidos ha sido una de las pocas actividades explotada de forma efectiva por la industria nacional ya que sus mayores productores han sido pequeñas y medianas empresas familiares que utilizan para su obtención métodos artesanales que en su mayoría no emplean las normas adecuadas de manufactura.

En este trabajo se pretende obtener vegetales fermentados utilizando como medio fermentativo la bacteria láctica (*streptococcus thermophilus* y el *lactobacillus bulgaricus*) en el cual solo existe un trabajo de fin de curso en el cual se utilizó yogur como inóculo, realizando así pruebas experimentales para ver el comportamiento de los vegetales (Coliflor, Brócoli, Cebolla, Zanahoria, Pepino, Chayote, Chile Jalapeño)

III. JUSTIFICACION

Nicaragua es un país mayormente agrícola favorecido por su clima y posición geográfica, lo cual permite cultivar una amplia variedad de vegetales y frutas entre otros.

En los períodos de sobre producción, este rubro no logra ser vendido al precio que desearía el productor, ocasionándole pérdidas económicas por falta de alternativas tecnológicas que permitan su aprovechamiento.

Una de las tantas alternativas para aprovechar la sobreproducción de vegetales es su transformación en vegetales fermentados dándole así un valor agregado. La fabricación de vegetales fermentados proporciona una manera de utilizar la materia prima que se encuentra como sobre producción, que de una u otra forma no podrían competir en el mercado debido a que su mercado ya esta establecido. Los vegetales fermentados son considerados superiores en cualidades sensoriales y nutritivas a menudo que sus equivalentes no fermentados.

La fermentación de vegetales se desarrollo a cabo utilizando como fermento Yogurt Natural (*streptococcus thermophilus* y el *lactobacillus bulgaricus*) y adicionándole sal en cantidades de un 10% para evitar el crecimiento de microorganismos perjudiciales.

IV. OBJETIVOS

4.1.- Objetivo General

Estudiar los parámetros de fermentación de las diferentes variedades de vegetales (zanahoria, pepino, chile jalapeño, brócolis, chayote, coliflor y cebollas), empleando los métodos sumergidos y salado en seco a escala de laboratorio.

4.2.- Objetivos Específicos

- ❖ Evaluar los procesos de fermentación de los vegetales, empleando los métodos sumergido y salado en seco, ambos con inóculo y sin inóculo.
- ❖ Conocer el tiempo de fermentación para las diferentes especies de vegetales en mención con la utilización de los dos métodos.
- ❖ Analizar las propiedades organolépticas y la calidad de los productos bajo un panel sensorial
- ❖ Valorar el comportamiento del PH y % de acidez (cantidad de ácido láctico presente en el producto) durante el periodo de la fermentación.

V. MARCO TEÓRICO

5.1.- Generalidades

En la actualidad, se ha descuidado y casi abandonado la antigua técnica de conservación de vegetales fermentados en salmuera, practicada en siglos anteriores, cuando no existían o no se habían difundido los frigoríficos y las enlatadoras. Sin embargo, hemos vivido en todo el siglo XX el auge de la conservas en lata, que contienen alimentos muertos de larga conservación, escasa o nulas vitaminas o proteínas fundamentales, destruidas durante el proceso de esterilización, y que implican en mayor o menor medida (más en los llamados al natural, que no contienen aceite), la ingesta de metales pesados altamente tóxicos¹.

En las industrias alimentarias que elaboran encurtidos, utilizan el medio ácido como agente de conservación de estos, prolongando así la vida útil del producto. En otras utilizan la sal como técnica de conservación.

Entre las ventajas que ofrecen los vegetales fermentados, se encuentran:

- En ellos se mantienen vivos los fermentos lácticos vegetales que favorecen naturalmente la digestión.
- El nivel de ácido láctico natural producido por esos fermentos beneficia la salud, y reemplaza al del yogur y otros fermentados de la leche.
- Las fibras vegetales mantiene su estructura, que no es alterada por procesos de esterilización, cumpliendo su importante función digestiva.
- No implican uso alguno de energía en su elaboración, y por ende no contaminan la atmósfera.

La fermentación es la transformación de una sustancia orgánica (generalmente un carbohidrato) en otra utilizable, producida mediante un proceso metabólico por microorganismos o por enzimas que provocan reacciones de oxidación-reducción, de las cuales el organismo productor deriva la energía suficiente para su metabolismo. Las fermentaciones pueden ser anaeróbicas, si se producen fuera del contacto con el aire o aeróbicas, que sólo tienen lugar en presencia de oxígeno²(Lucas, 2006).

Los diversos tipos de fermentaciones en la industria de alimentos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Fermentaciones no alcohólicas
- Fermentaciones alcohólicas
- Fermentaciones cárnicas
- Fermentaciones lácticas

¹ Schiffrin, B. Los vegetales fermentados

² Lucas, E. Biotecnología de los Alimentos

Las fermentaciones más comunes en la industria de alimentos son: la del azúcar (no alcohólica); con la formación de alcohol etílico en la elaboración de vino, cerveza y sidra; alcohólica, con la formación de ácido acético en la elaboración del vinagre; y la fermentación láctica, en la elaboración de quesos y yogures. Actualmente en la industria fermentativa se utilizan tanques de fermentación que permiten controlar las condiciones de temperatura, presión y flujo del producto.

La fermentación de vegetales es uno de los métodos de conservación de alimentos en el que se combina el salado, para el control selectivo de microorganismo, y la fermentación, para estabilizar los tejidos salados, lo cual se lleva a cabo por bacterias ácido-lácticas cuya actividad se desarrolla en ausencia de oxígeno y se manifiesta a través de la transformación de azúcares presentes en el vegetal en ácido-láctico, etanol, y dióxido de carbono.

Dentro de los vegetales que son sometidos a este método tenemos: Cebollas, zanahorias, pepinos, aceitunas, repollos, chayotes, etc.

El desarrollo de bacterias lácticas durante el proceso de fermentación da lugar a una disminución del crecimiento de microorganismos perjudiciales, aminorando o evitando las alteraciones comunes y la producción de sabores diversos por acumulación de ácidos orgánicos y por sustancias que dan lugar a un producto final característico y definido.

5.2.- Vegetales a Manipular

5.2.1- Zanahoria

El *Umbelliferae*, *Dacucus*, *Carota* o Zanahoria es una planta herbácea y es una de las pocas hortalizas que únicamente se propaga por vía directa, siendo su crecimiento muy lento en la primera etapa del cultivo.

El tipo de variedad que se cultiva en el sur y centro América es Chantenay, la cual es una variedad que posee raíz cónica de largo medio (11 a 14 cm.) y de 5 a 6 cm. de diámetro en su extremo superior (hombros). Su color varía de naranja a naranja pálido en su interior. Es de textura gruesa, y resulta ser del tipo para consumo fresco e industrial, por su capacidad de adaptación a diversos climas.



Dentro de este tipo de variedad se ofrecen en el mercado los cultivares de polinización libre como *Chantenay red core*, *chantenay andina*, y *royal chantenay*³.

En Nicaragua la principal zona productora de zanahoria está ubicada en los departamentos de Jinotega y Matagalpa, la variedad tradicional que se cultivo ha sido *chentenay* (zanahoria a utilizar) y el periodo de mayor producción es en la época correspondiente a la de postrera (agosto – noviembre).

³ Rene Carballo, 2001

El agua es el componente más abundante, seguido de los hidratos de carbono, los cuales son nutrientes que aportan energía. La zanahoria presenta un contenido de hidratos de carbono superior a otras hortalizas. Al tratarse de una raíz, absorbe los nutrientes y los asimila en forma de azúcares. El contenido de dichos azúcares disminuye tras la cocción y aumenta con la maduración.

Su color naranja se debe a la presencia de caroteno, entre ellos el beta caroteno o pro-vitamina A, pigmento natural que el organismo transforma en vitamina A conforme la necesita.

Asimismo, es fuente de vitamina E y de vitaminas del grupo B, la vitamina B3 o niacina.

En cuanto a los minerales, destaca el aporte de potasio, yodo y calcio. Este último es de peor aprovechamiento que el que procede de los lácteos u otros alimentos.

5.2.2- *Pepino*

El *Cucumis Sativus* o pepino pertenece a la familia de las cucurbitáceas y posee un fruto muy variable de forma alargada y oblonga y puede estar más o menos cubierto de tubérculos espinescientes. Su color varía de blanco a verde oscuro y se torna amarillo cuando madura. En su pulpa están contenidas numerosas semillas de forma oblonga y comprimida.



El pepino es originario de las regiones del sur de Asia, cultivado hace 3,000 años en el noreste de la India, posteriormente fue trasladado a otras partes del mundo, especialmente a América. En Nicaragua esta hortaliza se siembra en los departamentos de Rivas, y en la parte de occidente del país (Malpaisillo) durante los meses de enero, marzo, mayo, junio, julio y agosto y se cosecha en : abril, julio y noviembre e incluso en diciembre llegando a ser un producto que se encuentra en los mercados durante todo el año⁴.

El pepino es una hortaliza de bajo aporte calórico debido a su reducido contenido en hidratos de carbono, en comparación con otras hortalizas, y a su elevado contenido de agua.

Aporta fibra, pequeñas cantidades de vitamina C, pro vitamina A y de vitamina E, y, en proporciones aún menores, vitaminas del grupo B tales como folatos, B1, B2 y B3.

A la vez no se ha considerado una hortaliza rica en minerales, ya que, aunque contiene en abundancia potasio, tiene una baja proporción de fósforo y magnesio⁵.

⁴ <http://www.simas.org.ni>

⁵ <http://verduras.consumer.es>

5.2.3.- Chile jalapeño

El cultivo del chile o *Capsicum* *ssp*, pertenece a la familia de las solanáceas. El origen del chile o pimienta se ha establecido por especies; así vemos que *Capsicum* *Nahum* (chile dulce) es originario de México, después se encontró en la parte central de Colombia; *Capsicum* *frutescens* (chile picante) es originario de Meso América encontrándose difundido por toda la zona de Suramérica. (Bayer, 1968).



El género *Capsicum* está compuesto por más de 20 especies de las cuales se reconocen cinco como las formas cultivadas de chile; *Capsicum* *Nahum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinense* y *C. pubescens*. (Bolaños, 1998).

El chile (*Capsicum* *ssp*) es una hortaliza muy importante por su valor nutritivo, es rico en vitaminas A, C y minerales. Después del tomate y la Cebolla, es la hortaliza más importante como alimentos y condimento en las distintas comidas de los nicaraguenses.

Las principales zonas productoras son Matagalpa y Jinotega (Laguna, 2004). A la fecha se desconocen las cantidades exactas de las áreas sembradas de chile picante (INTA, 2003). Con la excepción de *Capsicum* *pubescens*, el resto de las especies de chile son exigentes al clima calido y seco. La germinación y crecimiento de la planta ocurre entre 13 a 30 °C y se puede cultivar en un amplio rango de suelos que va desde arcilloso, areno-limonosos con un pH optimo que oscila entre 5.0 y 6.5. (Bolaños 1998).

5.2.4.- Coliflor

El *Brassica oleracea* L. var. *Botrytis* o coliflor, es una planta que pertenece a la familia Cruciferae⁶, es de ciclo anual y posee inflorescencia que se encuentra hipertrofiada, formando una masa de pecíolos y botones foliares apelmazados⁷.

Es originaria de Asia Menor, los principales productores de coliflor son Francia, Italia, Reino Unido y España.



En Nicaragua los lugares donde tiene mayor producción es en los departamentos de Jinotega, Matagalpa y Estelí siendo estos los lugares mas aptos para la siembre de esta planta debido a las condiciones de temperatura que esta planta necesita⁸.

⁶ <http://www.infoagro.com/>

⁷ <http://www.uc.cl/>

⁸ Plan de Desarrollo Departamental de Jinotega(PDDJ) II Versión

Las coliflor es una de las plantas más sensibles al frío la temperatura óptima para su ciclo de cultivo oscila entre 15.5-21.5 °C.

Las coliflores se clasifican en las siguientes categorías:

Categoría Extra

Las coliflores clasificadas en esta categoría deben ser de calidad superior. Se caracterizan por tener las inflorescencias bien formadas, firmes, compactas, de aspecto muy apretado, de color blanco uniforme o ligeramente crema.

Categoría I

Las coliflores clasificadas en esta categoría deben ser de buena calidad pero estas pueden presentar las características típicas de la variedad. Y se pueden admitir productos con un ligero defecto de forma o de desarrollo. Así como en su coloración, con presencia de una vellosidad o pelusa muy ligera.

Pero en caso de las inflorescencias estas deben ser muy firmes, de grano apretado, de color blanco o marfil exactas de manchas, crecimiento en la pella.

Categoría II

Comprende las coliflores de calidad comercial, que no pueden ser clasificadas en las categorías superiores, pero que responden a las características mínimas de calidad en las cuales las inflorescencias pueden ser ligeramente deformadas, de granos levemente separados, de color amarillento de sol.

Desde el punto de vista de la nutrición, su composición no es distinta a lo que se puede considerar una hortaliza promedio, con alto contenido de agua. Y un elevado aporte de potasio y de vitamina C.

5.2.5.- Brócoli

El *Brassica oleracea* L. o brócoli, pertenece a la familia de las *Crucíferas*, a la variedad *botrytis* y a la subvariedad *cymosa* Lam⁹. Y se caracteriza por tener las hojas más estrechas y más erguidas, con pecíolos generalmente desnudos, limbos con bordes más ondulados; así como nerviaduras más marcadas y blancas.



Existen variedades desde el grano muy apretado hasta el muy sueltos, pasando por las formas intermedias así como teniendo en cuenta el ciclo de formación de la pella desde la siembra hasta la madurez. Dividiendo esta en variedades tempranas, de media estación y tardías¹⁰.

Las variedades tempranas se siembran a finales de junio, en clima continental y se recolectan durante los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Las de media estación se siembran en la misma fecha y se recolectan en enero y febrero. Y las tardías se cosecharán durante los meses de marzo, abril y mayo.

⁹ <http://www.hispavista.com/>

¹⁰ <http://www.brocoli\brocolis.dwt.htm>

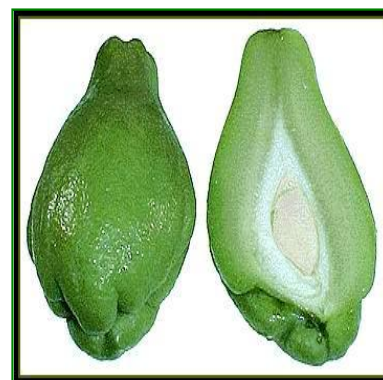
Siendo las principales zonas de producción los departamentos de Matagalpa y Jinotega ya que los vegetales necesitan para un desarrollo normal temperaturas durante la fase de crecimiento que oscilen entre 20 y 24°C.

En cuanto a su valor nutricional posee un alto contenido de vitaminas A, D, potasio, folacina, hierro y fibras etc.

5.2.6.- Chayote

El *Sechium edule* (Jacq) Swartz o Chayote pertenece a la familia de las cucurbitáceas y crece entre 0 y 2.800 msnm (metros sobre el nivel del mar), pero para una la obtención intensiva, se necesitan zonas que se encuentran entre 1.000 y 1.200 msnm.

El ámbito de temperatura más adecuado varía entre 13 y 21°C; temperaturas inferiores a 13°C reducen la producción, ya que daña los frutos pequeños; las superiores a 28°C favorecen el crecimiento excesivo, la caída de flores y de frutos pequeños, que disminuyen la producción.



El Chayote es una trepadora perenne, monoica, con raíces engrosadas y tallos delgados, ramificados, de hasta 10 m de longitud. Esta planta se dispersan por una estructura de alambre, formando un techo a aproximadamente 2 metros de altura, de forma que para efectos de cuido y cultivo de la planta se pueda caminar fácilmente debajo de la planta.

La forma común y más eficaz de propagación es por medio de la semilla. La práctica de siembra más generalizada consiste en plantar uno o más frutos completos. Sin embargo, en algunos sitios la semilla es extraída cuidadosamente y sembrada en macetas y otro medio que permita su manejo, para posteriormente trasplantarla al sitio definitivo de siembra.

5.2.7.- Cebolla

Allium cepa L. pertenece a la familia de las *Liliáceas* está formado numerosas capas gruesas y carnosas en el interior, que realizan las funciones de reserva de sustancias nutritivas necesarias para la alimentación de los brotes y están recubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes, que son base de las hojas.

Los bulbos tienen aspectos muy diversos: globosos, deprimidos, discoidales, forma de peonza, periforme, etc. El color varía desde el blanco al rojizo pasando por el amarillo.

La cebolla poseen una gran variedad y estas se presentan debido a las diferentes formas y colores de sus bulbos y estas pueden ser:



- ❖ Tempranas (primavera)
- ❖ Media estación
- ❖ Tardías

Es una planta de climas templados, aunque en las primeras fases de cultivo tolera temperaturas bajo cero, para la formación y maduración del bulbo, pero requiere temperaturas más altas y días largos, cumpliéndose en primavera para las variedades procesos o de día corto, y en verano-otoño para las tardías o de día largo.

La siembra de la cebolla puede hacerse de forma directa o en semillero para posterior trasplante, siendo esta última la más empleada. La cantidad de semilla necesaria es muy variable (4 g/m^2), normalmente se realiza a voleo y excepcionalmente a chorrillo, recubriendo la semilla con una capa de mantillo de 3 - 4 cm. de espesor. La época de siembra varía según la variedad y el ciclo de cultivo.

En Nicaragua la mayor producción de cebolla se ubica en el departamento de Matagalpa, en la ciudad de Sébaco la variedad tradicional que se cultiva es la jumbo (Cebolla a utilizar) ya que esta se encuentran durante todo el año¹¹.

La composición nutritiva de la cebolla es similar a la de otras hortalizas, ya que posee un alto contenido de agua y un bajo porcentaje de materia seca (8% a 10%, y hasta más de 20% en cebollas para deshidratación), carbohidratos, proteínas y lípidos. Sin embargo, tiene un olor y sabor característicos, asociados a compuestos azufrados que actúan como precursores de diversos compuestos volátiles.

¹¹ IICA Todo sobre cultivos en Nicaragua, 2004

5.3.- Composición y Aspectos Nutritivos de los Vegetales¹²

La composición química de los vegetales varía significativamente según el tipo y la procedencia. De forma genérica, puede decirse que el contenido acuoso oscila entre el 80 y 90%, correspondiendo el resto del 10 al 20% a la materia seca. En la siguiente tabla se puede observar la composición química de la zanahoria, pepino y chile.

Tabla 5.1. Composición de algunos vegetales
(% de tejidos fresco, fracción comestible)

Clase	Peso seco	Compuesto Nitrogenados	Hidratos de carbono	Lípidos	Fibra bruta	Cenizas
<i>Zanahoria</i>	11,8	1,1	8,7	0,2	0,1	0,8
<i>Pepino</i>	5,9	0,9	2,8	0,2	0,6	0,5
<i>Chile Jalapeño</i>	6,6	1,2	3,4	0,3	1,4	0,4
<i>Coliflor</i>	9	2,7	4,2	0,3	1	0,9
<i>Brocoli</i>	10,9	3,6	4,4		1,5	1,1
<i>Cebolla</i>	10,9	1,5	8,1	0,3	0,6	0,6

Fuente: Belitz y Grosch (1977).

Tabla 5.2. Contenido en vitaminas de los vegetales
(mg/100g de peso fresco)

Clase	Acido ascorbico	Tiamina	Riboflavina	Acido Nicotinico	Acido Folico
<i>Pepino</i>	11	0,03	0,04	0,2	0,02
<i>Zanahoria</i>	8	0,06	0,05	0,6	
<i>Chile Jalapeño</i>	128	0,08	0,08	0,5	
<i>Coliflor</i>	78	0,11	0,1	0,7	0,02
<i>Brocoli</i>	113	0,1	0,23	0,9	

Fuente: Belitz y Grosch (1977).

5.4.- Procesos de la Fermentación Láctica¹³

La fermentación ácido láctica es aquella que se lleva a cabo por las bacterias ácido láctica cuya actividad se desarrolla en ausencia de oxígeno (anaerobiosis), y se manifiesta en la transformación de los azúcares presentes en el vegetal, en ácido láctico, etanol y dióxido de carbono¹⁴.

El ácido láctico es un compuesto incoloro de fórmula $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$. Se da bajo formas ópticamente activas, dextrógiras y levógiras, frecuentemente denominadas ácido D-Láctico y ácido L-Láctico. En su estado natural es una mezcla ópticamente inactiva compuesta por partes iguales de ambas formas D y L, conocida como mezcla racémica. El ácido láctico es un líquido viscoso y no volátil, su masa molecular es de 90,08g/mol.

¹² Belitz y Grosch (1977).

¹³ <http://www.monografias.com/trabajos12/bioalim/bioalim.shtml>

¹⁴ Castillo, J. Fermentación Ácido Láctica

La preservación de materiales vegetales por fermentación depende de:

- La reducción de la actividad enzimática inherente al vegetal, es decir, las que son responsables de los cambios normales involucrados en la maduración.
- De la inhibición de ciertos cambios químicos oxidativos.
- De la inhibición del crecimiento de microorganismos que podrían producir deterioro en el alimento.

5.4.1- Fermentación inicial

Durante el comienzo de la fermentación, las bacterias grampositivas y gramnegativas presentes en el vegetal fresco, compiten por el predominio; enteró bacterias, bacterias aerobias formadoras de esporas, bacterias ácido-lácticas y otras bacterias, están muy activas¹⁵.

Este estado incluye el crecimiento de unos pocos microorganismos facultativos y estratos anaeróbicos, originalmente presentes en el vegetal fresco, pero seguidamente el establecimiento de las bacterias lácticas disminuye los valores de pH y son inhibidos los organismos indeseables como son las bacterias gramnegativas y las formadoras de esporas, por lo tanto, la rapidez con que las bacterias ácido lácticas se establecen y los microorganismos indeseables son excluidos.

Eventualmente las bacterias ácido-lácticas ganan predominio por disminución del pH y ocurre la: fermentación primaria.

5.4.2- Fermentación Primaria

Durante este estado, las bacterias ácido-lácticas y las levaduras fermentativas, constituyen la microflora predominante y su crecimiento continúa hasta agotarse los carbohidratos fermentables o hasta ser inhibidas por el pH formado por la propia bacteria láctica.

La capacidad amortiguadora y el contenido de carbohidratos fermentable del material vegetal, son factores importantes que determinan la magnitud de la fermentación de las bacterias ácido – lácticas y la magnitud de las consecuentes fermentación de las levaduras presentes.

Durante la fermentación primaria son activadas 5 especies de bacterias productoras de ácido láctico, en el siguiente orden: *Streptococcus Fecalis*, *Leuconostoc* *Mesenteroides*, *Peiococcus* *Cerevisiae*, *Lactobacillus Brevis* y *Lactobacillus Plantarum*.

¹⁵ Tecnología de productos lácteos

Durante el periodo de la fermentación también se encontrará otra variedad que es *Streptococcus salivarius* subespecie de *thermophilus* e *Lactobacillus* ya que esta se introducirá como un medio fermentativo.

Varias especies de levaduras fermentativas también son activas durante la fermentación primaria. Si después de la fermentación primaria quedan azúcares fermentables, estos azúcares pueden permitir una fermentación secundaria.

5.4.3.- Fermentación Secundaria

Dominada esencialmente por levaduras. Estos microorganismos son bastante tolerantes al ácido por lo que su actividad fermentativa continúa aún después de que las bacterias lácticas han sido inhibidas por los bajos valores de pH y pueden continuar hasta agotar los carbohidratos fermentables.

5.4.4.- Post – Fermentación

Este estado comienza cuando los carbohidratos fermentados se han agotado. El crecimiento bacteriano se restringe a la superficie de salmuera expuesta al aire libre, lo que permite el establecimiento de levaduras oxidativas, mohos y otros microorganismos deteriorativos en la superficie de envases abiertos que no son expuesto a la radiación ultravioleta, o que han sido manejado con poco cuidado. En aquellos envases que han sido cubiertos apropiadamente, no se observa el crecimiento de microorganismos responsables de daño, de allí la importancia de lograr y mantener condiciones anaerobias o la exposición a la luz solar (como es necesario en pepinos fermentados) para el buen desarrollo del proceso y la obtención de un producto final de buena calidad.

5.5.- Cambios durante la Fermentación

5.5.1.- Cambios Físicos

En las primeras horas el agua, los azúcares, proteínas, minerales y otras sustancias contenidas en los vegetales se difunden por osmosis a la salmuera. En la salmuera estas sustancias constituirán el alimento de las bacterias productoras de ácido láctico y otros microorganismos. El cambio de textura de los productos durante la fermentación es el aspecto físico más importante, esta va a determinar las diferencias cualitativas entre los encurtidos procedentes de producto fermentado y fresco.

5.5.2.- Cambios Químicos

El principal cambio químico consiste en la transformación de los azúcares contenidos en los vegetales en ácido láctico debido a la acción microbiana.

5.5.3.- Cambios Microbiológicos

Los cambios microbiológicos que se dan durante el tiempo de fermentación, se da por el crecimiento de microorganismos que están presentes de forma natural en los frutos, dentro de los cuales incluyen a las especies, *leuconostac*

mesenteroides, *lactobacillus brevis* y muy a menudo *pediococcus cerevisiae* y *lactobacillus plantarum*.

Las bacterias productoras de ácido láctico, aunque presentan variaciones estacionales y de distribución, son siempre las responsables de los mayores cambios en los frutos. Dentro de este se encuentra *leuconostoc mesenteroides*. El cual inicia su crecimiento en las verduras por que se desarrolla con mayor rapidez que cualquiera otra de las bacterias del ácido-láctico.

Esta bacteria (*Leuconostoc mesenteroides*) requiere de temperaturas frescas del orden de 21 °C para óptimo crecimiento y fermentación en la fabricación de los vegetales; si se emplearan temperaturas muy en exceso de 21°C en las etapas iniciales de la fermentación, el crecimiento de los lacto bacilos superaría fácilmente el del *leuconostoc mesenteroides* y luego sus altos niveles de producción de ácido prevendrían totalmente el crecimiento y la fermentación de este. Bajo estas condiciones no se formaría ácido acético, el alcohol y los demás productos deseables de la fermentación por el *Leuconostoc mesenteroides*. El cual produce dióxido de carbono y eleva la acidez rápidamente, disminuyendo el pH. Esto último inhibe el desarrollo de microorganismo indeseables y actividad de las enzimas que puedan reblandecer las verduras. El dióxido de carbono producido sustituye al aire y proporciona una condición anaeróbica favorable para estabilizar el ácido ascórbico y el color natural del vegetal. Esta especie convierte el exceso de azúcares a monitol y dextrano que son utilizados por otras bacterias ácido láctico.

5.6.- Rutas metabólicas para la obtención de Ácido Láctico

Siendo los vegetales ricos en carbohidratos, se obtiene un excelente medio para el establecimiento de los diferentes microorganismos que utilizan este proceso metabólico para la Obtención de energía. Las rutas utilizadas tanto para la degradación fermentativa de los carbohidratos como de los productos finales obtenidos varían mucho de un microorganismo a otro. Como fuente fermentable nos es útil cualquier carbohidratos o derivado, tales como los polisacáridos como el almidón, celulosa, quitina, disacáridos como la lactosa, sacarosa y malta hexosa como glucosa fructosa y galactosa; pentosas como arabinosas y xilosa; azúcares ácidos como el glucónico¹⁶.

Los vegetales frescos contienen una numerosa y variada microflora epifita en las que incluye microorganismos deteriorativos y una pequeña proporción de bacteria ácido – lácticas, por ejemplo el pepino puede contener microorganismos aerobios totales alta, tales como 5.3×10^7 ; 1.9×10^4 esporas de aerobios; 9.8×10^5 anaerobios totales; 5.4×10^2 esporas de anaerobios; 6.1×10^6 coliformes; 5.1×10^4 formados de ácidos totales; 4.6×10^3 mohos y 6.6×10^3 levaduras por gramo. Todo este número de microorganismos se incrementan en almacenamiento a altas temperaturas y a una humedad relativa mayor de 70%.

¹⁶ Castillo, J. Fermentación Ácido Láctica

Al hacer cortes en los vegetales se observa en esta superficie exiliados protoplasmáticos provenientes del sistema vesicular. La cantidad de bacterias puede ser extremadamente altas y contener grandes cantidades de bacterias ácido – lácticos. Por lo que en la superficie de corte del material vegetal, permite el crecimiento para las pocas bacterias (ácido – lácticas) presente en el material.

5.7.- Condiciones que Permiten Obtener Vegetales Fermentados de Buena Calidad

Para obtener vegetales fermentados de calidad se debe tener en cuenta lo siguiente:

5.7.1- Selección

La selección de los vegetales da inicio con la forma, el color, vegetales sanos y frescos (vegetales que no tengan magulladuras ni en avanzado estado de maduración y viceversa) y que estos no deben de estar enmohecidos o podridas pues los mohos son organismos productores de micotoxinas (aflatoxinas y clavacina) las cuales son muy tóxicas para el organismo humano¹⁷.

5.7.2- Limpieza

Los vegetales deben ser recién recolectados y tratados, pues inician rápidamente los procesos de descomposición de algunos de sus componentes y la actividad destructora de microorganismos presentes en los vegetales (mohos, bacterias de fermentación acética, levaduras) por tanto la limpieza en todo el proceso de fermentación es muy importante.

5.7.3- Temperatura

La temperatura crea las condiciones óptimas para el desarrollo de microorganismos responsables de la fermentación, ejerce una influencia fundamental en la calidad del producto y de ella depende la duración de la fermentación.

La temperatura alta favorece el ablandamiento de las verduras por proceso autolítico enzimático y la aparición de sustancias mucilaginosas, además acelera la destrucción del ácido ascórbico que tiene gran valor. Para evitar pérdida de calidad es conveniente mantener la temperatura entre 10 y 20 ° C. A una temperatura de 30 ° C se garantiza una rápida propagación de la acidez y con esto una reducción de tiempo de fermentación ya que esta temperatura es la mas favorable para el desarrollo del lactobacillus que intervienen en la fermentación.

5.7.4- Exclusión del Aire

Se debe tomar las correspondientes medidas para desalojar el aire procurando que durante la fermentación no penetre aire nuevo. Las bacterias productoras de ácido-láctico, especialmente las que son convenientes en cantidades limitadas en la primera fase de la fermentación. Cantidades mayores de levaduras y hongos

¹⁷ Donath E, 1192. “Elaboración de artesanal de frutas y hortalizas “

por su intenso metabolismo aerobio destruyen en breve tiempo cantidades relativamente grandes de hidrato de carbono que serán necesario para la formación de ácido láctico y además ciertas levaduras y hongos consumen el ácido-láctico resultando una elevación de pH y aparición de bacterias proteo líticas que causan alteraciones al producto.

5.7.5.- Concentración de Sal

Del cloruro de sodio (NaCl) depende que la fermentación se lleve a cabo, pues permite que los microorganismos que producen putrefacción en los vegetales se inhiban. Además afecta el desarrollo de especies patogénicas y toxigénicas. Es la única que se utiliza debido a que otras sales pueden ser tóxicas o amargas y pueden proporcionar, condiciones peligrosas e inestables al producto.

En salmueras diluidas, los azúcares que fluyen del interior del vegetal, son fermentados por las bacterias productoras de ácido láctico, y la sal y el ácido, acoplados con las condiciones anaeróbicas preservan el vegetal. Los gérmenes perjudiciales que compiten con los lácticos, por ejemplo, los proteolíticos y los esporulados aerobios y anaerobios son mucho más inhibidos por la sal que los productores de ácido láctico.

La cantidad de sal puede ser baja o alta. Cuando se colocan en salmuera a concentración alta (10.5 – 15% sal) no ocurre ningún deterioro por microorganismo, ni tampoco ocurre fermentación láctica por que la preservación se debe al contenido de sal. Condiciones baja de esta se puede resultar un reblandamiento de los vegetales.

El crecimiento de especies *Salmonella* se previene por concentraciones de 6 % de NaCl; el *Clostridium botulinum*, es el microorganismo que mas interesa controlar; porque produce una toxina fatal, pero todos los tipos de *C Botulinum* se inhiben por 10 – 12 % sal.

El *Staphylococcus aureus* es capaz de resistir una concentración superior al 15 % en algunos casos hasta un 20 %, pero 5% es la concentración de sal más alta a la cual puede formar toxina.

5.7.6.- Condiciones para el Envasado

En el llenado se tiene que tener cuidado para no contaminar la zona de cierre. Esto es de gran importancia ya que la presencia de pequeñas partículas de producto entre el borde de la tapa y el envase puede producir problemas en el cierre y como consecuencia se dan posibles alteraciones de oxidación o de reinfección por microorganismos con la consiguiente putrefacción.

Las características del material de envase deben ser:

- Envase de vidrio.
- Transparentes.
- Inertes.
- Impermeables.

- Resistentes a tratamiento térmico.

5.8.- Etapas del proceso de elaboración de vegetales fermentados (Zanahoria, pepino y chile jalapeño, coliflor, brócoli, chayote, cebolla)

5.8.1.- *Recepción y selección de los Vegetales*

La recepción debe de ser cuidadosa para evitar que sufran magulladuras, pues las frutas deben estar sanas para obtener un producto de calidad, Una vez que la materia prima está limpia, se procede a la selección, es decir, a separar el material que realmente se utilizará en el proceso del que presenta algún defecto que lo transforma en material de segunda por lo que será destinado a un uso diferente o simplemente eliminado.

5.8.2.- *Lavado de vegetales*

El lavado constituye uno de los procesos más importantes en la elaboración de los vegetales, ya que la suciedad de los frutos y la presencia de hojas y frutos descompuestos, dificulta el normal desarrollo de la fermentación natural de los vegetales.

Esta operación tiene como objetivo disminuir la suciedad y los restos de tierra que los vegetales llevan adheridos. Este lavado debe realizarse con agua limpia, lo más pura posible y de ser necesario potabilizada mediante la adición de hipoclorito de sodio, a razón de 10 ml de solución al 10% por cada 100 litros de agua.

5.8.3.- *Pesado de los vegetales*

Después del descascarado de los vegetales se debe hacer el pesaje lo mas exacto posible, porque de ello dependerá el balance másico a realizar para el debido control de consumo de materia prima.

5.8.4.- *Trozado de los vegetales*

El trozado debe ser realizado de tal modo que permita obtener un rendimiento industrial conveniente. Siempre se debe buscar la forma de obtener un trozado que entregue la mayor cantidad posible de material aprovechable, para que se pueda dar una uniformidad en la penetración del calor en los procesos térmicos, y así lograr una mayor igualdad en las formas y pesos de los vegetales, para obtener una mejor presentación en el envase.

5.8.5.- *Mezclado*

Se realiza la mezcla entre diferentes ingredientes, el cual Consiste en adicionar el cultivo láctico (Yogurt, 0.1% en peso), conjuntamente con la sal (10 %) y realizarse un ligero masaje para así lograr un contacto entre las hortalizas y el cultivo. Luego se crea la anaerobiosis dentro del fermentador y se espera que se produzca el ácido láctico.

5.8.6.- Fermentación

Es la operación más importante en todo el proceso de fabricación. De forma general esta operación consiste en colocar las especies (vegetales) con sal y el cultivo (Yogurt). La fermentación ácido láctico se consigue mediante la combinación de dos factores: la concentración de sal y el descenso del pH debido a la producción de ácido láctico para las bacterias fermentativas.

5.8.7.- Envasado

Se empleará como único material de envasado el vidrio. Su selección se debe a las siguientes ventajas:

Son impermeables al agua, gases, olores, etc., son inertes, se pueden someter a tratamientos térmicos, Son transparentes, Realzan el contenido que contienen previamente al llenado, el envase debe de ser lavado y esterilizados para que reduzcan las posibilidades de que se presenten microorganismos peligrosos.

Otra parte esencial del envaso es expulsar el aire del espacio de cabeza reservado y producir un vacío parcial y esto se consigue con una temperatura elevada del líquido de gobierno. De esta forma, también se reduce la cantidad de oxígeno disponible que acarrearía la corrosión, la destrucción de vitaminas y la decoloración del producto.

5.8.8.- Almacenado

Las dependencias para el almacenamiento de los vegetales fermentados, por sus especiales características, no precisan de un importante acondicionamiento. Pero si se pueden tomar ciertas medidas para obtener mayor vida de anaquel evitando la exposición prolongada de los productos a la luz solar directa, ya que esta puede provocar la aparición de decoloraciones, así como mantenerlos en un ambiente por debajo de los 25°C, evitando así el efecto cocido y de ablandamiento del producto.

5.9.- Análisis Sensorial

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos¹⁸. Entre dichas características se pueden mencionar, por su importancia:

1. Apariencia: color, tamaño, forma, conformación, uniformidad.
2. Olor: verifica los olores característicos, por los compuestos volátiles que contribuyen al aroma.
3. Gusto: Dulce, amargo, salado, metálico.
4. Textura: son las propiedades físicas como dureza, viscosidad, granulosidad, formación de grumos, etc.

¹⁸ Evaluación Sensorial de los Alimentos; Daniel L. Pedredo

5. Sonido: de poca aplicación en alimentos, pero se correlaciona con la textura por ejemplo, crujido, tronido, efervescencia.

El análisis sensorial se realiza con el fin de comprobar las características organolépticas y aceptación del producto por los consumidores, mediante las medidas físicas, fisiológicas y sensoriales (ver el anexo B.3).

Existen diferentes métodos para evaluar la calidad de un alimento. Las pruebas se dividen en dos grandes grupos: el primero está constituido por pruebas analíticas, las cuales se ejecutan en condiciones controladas de un laboratorio y con jueces entrenados. Al segundo grupo lo integran las pruebas afectivas que se realizan con consumidores (personas no entrenadas en técnicas sensoriales) y en condiciones que no le sean ajenas o extrañas para utilizar o consumir el producto en estudio.

5.9.1- Método Analítico

- Los métodos sensitivos, los cuantitativos, los cualitativos son parte de este tipo de análisis.
- Los métodos afectivos son las pruebas de aceptación, las de presencia y las de nivel de agrado.

5.9.2- Métodos de Análisis Estadísticos

Son los más usados y son los de mayor relevancia para la evaluación sensorial, ya que proporciona un apoyo fundamental en la información que se genera mediante la prueba sensorial. (Ver anexo B5)

5.9.3- Logística para el Desarrollo de un Análisis Sensorial

La evaluación sensorial comprende una metodología que, por naturaleza, eleva la disciplina sensorial a la categoría de ciencia. Dicha metodología plantea una logística para el desarrollo de las evaluaciones sensoriales. Los pasos lógicos de un análisis sensorial en sus distintas fases, comprende la siguiente secuencia:

1. Identificación del problema
2. Objetivo general del estudio del problema
3. Objetivo del estudio sensorial
4. Evaluación preliminar
5. Diseño del estudio sensorial
6. Selección de muestras
7. Adecuación de muestras
8. Pruebas de ensayo
9. Prueba definitiva
10. Análisis de datos
11. Correlación con otros estudios
12. Interpretación de resultados
13. Informe



5.9.4.- *Aplicaciones del Análisis Sensorial*

Las aplicaciones de la evaluación sensorial en los alimentos son muy importantes en este trabajo, ya que se tratará de evaluar las características de un nuevo producto. Conociendo el proceso y la composición del producto a estudiar, se podrán desarrollar los procedimientos científicos para cuantificar los atributos sensoriales del producto terminado.

Los análisis sensoriales emplean la misma metodología, tanto en producción, mercadotecnia, control de calidad, o en investigación básica. En la tabla del anexo B4 se aprecia el resumen de las aplicaciones del análisis sensorial.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Material

Los insumos y materia prima utilizada para la elaboración del producto se detallan en la tabla 6.1, y en la tabla 6.2 se indican los materiales y equipos.

Tabla 6.1. Materia Prima utilizada

Descripción	Peso
Sal	10%
cultivo Láctico	1%
Zanahoria	500 g
Pepino	500 g
Chile Jalapeño	500 g
Coliflor	500 g
Brócoli	500 g
Chayote	500 g
Cebolla	500 g
Agua Potable	1 litro

Tabla 6.2. Materiales y Equipos

Descripción	Cantidad
Mechero	1
pH metro	1
Balanza	1
Ollas	2
Baldes	7
Cuchillos	2
Coladores	2
Tabla de picar	1
Cucharas	2
Bolsas Plásticas	50
Frasco de vidrio y tapas metálicas	24
Pipetas	2
Probetas	2
Beakers	8
Pinzas	2
Termómetro	1
Par de Guantes	2
Espátula	2
Bureta	2
Gabachas	1

6.2 Método

La elaboración de los vegetales fermentados se realizó en las instalaciones del laboratorio de alimentos de la Facultad de Ingeniería Química, empleando las buenas prácticas de manufactura, (BPM)¹⁹ para garantizar la inocuidad de los alimentos que es una de las características de calidad esencial en la industria de alimentos, iniciando por verificar que las materias primas a utilizar se encuentren en condiciones que aseguren la protección contra contaminantes (físicos, químicos y biológicos) y que garantice que el producto sea seguro e inocuo²⁰.

En el presente trabajo se realizaron dos métodos de fermentado los cuales son: el método sumergido y el método de salado en seco con y sin inóculo.

El método sumergido el cual consistió en preparar una salmuera al 10%, donde se sumergieron directamente los vegetales en el recipiente y se le agregó la cantidad de inóculo (Yogurt 1%) tapándolo bien posteriormente para que se proceda a la fermentación en condiciones anaerobias.

En el método de salado en seco se llevó a cabo en recipientes plásticos los cuales fueron rotulados previamente para evitar complicaciones. Los vegetales se compactaron de manera que quedó con el menor espacio posible entre los trozos de vegetales para luego colocarles bolsas plásticas y adherirlas al recipiente. Posteriormente, a las bolsas se les agregó agua, para impedir de esta manera la entrada de aire al producto.

Al realizarse la fase experimental se pusieron en marcha 3 corridas (12%, 2.5%, 10%, cada una con sus respectivas etapas: Etapa 1: Método Sumergido y Salado en Seco con inóculo, Etapa 2: Método Sumergido y Salado en seco sin inóculo) por cada vegetal, donde se determinó el comportamiento de temperatura, pH y la acidez durante el proceso de fermentación, donde la acidez se expresó como la cantidad de ácido láctico presente en el producto.

En todos los casos se utilizaron las masas de cada vegetal (500g), la proporción de sal y cultivo láctico descritas en la tabla 6.1. Los diagramas de flujo de cada proceso se describen en el anexo "A".

¹⁹ Buenas Prácticas de Manufactura

²⁰ Código Alimentario Argentino

Tabla 6.3. Descripción del Trabajo Experimental

No . Corrida	Tiempo de Fermentacion (días)	Parametros a Medir
12% NaCl	7	pH inicial pH final Grado de acidez Temperatura de fermentacion
2.5% NaCl	7	pH inicial pH final Grado de acidez Temperatura de fermentación
10% NaCl	7	pH inicial pH final Grado de acidez Temperatura de fermentación

6.3.- Procedimiento para la fermentación de los Vegetales

6.3.1- *Recepción*

La recepción se hizo cuidadosamente para evitando que sufran magulladuras, ya que deben estar sanos y de esta manera prevenir fermentaciones anticipadas en el interior de los vegetales.

6.3.2- *La selección*

La selección de la fruta se hizo tomando en cuenta el tamaño, la forma, el color, índice de madurez,

6.3.3- *Lavado*

Este lavado se realizó con agua limpia, lo más pura posible y de ser necesario potabilizada mediante la adición de hipoclorito de sodio a razón de 10 ml de solución al 10% por cada 1 litro de agua, en este proceso se lavaron los vegetales por inmersión en un balde con agua, para luego escurrirlos por medio de un colador.

6.3.4- *Pesado*

Se trabajó con una base de cálculo de 500 gr. de cada especie de vegetales en el proceso de fermentación.

Durante el proceso de fermentación de los vegetales, se utilizó 1% en peso de cultivo láctico en el caso de la sal se trabajó con varias cantidades en las diferentes muestras para evaluar el comportamiento durante el proceso, se trabajó con un rango de 12, 2.5, y 10% en peso de sal. Para el pesaje del inóculo y la sal, se utilizó una balanza electrónica.

6.3.5.- Pelado y Troceado

Solamente se eliminó la piel a la zanahoria de manera manual. El chile y el pepino se utilizaron con la piel y sin incluir el tallo.

Para el troceado se utilizó una tabla para picar y un cuchillo. El pepino y la cebolla se cortaron en rodaja, mientras que el chile, chayote y la zanahoria se cortó en tiras procurando que los trozos fueran aproximadamente del mismo tamaño.

6.3.6.- Mezclado

Para esto, se utilizaron recipientes grandes de plástico, donde los vegetales cortados se mezclaron por separado con su porcentaje de sal correspondiente (12, 2.5, 10%) y el porcentaje de inóculo que se le añadió (*Streptococcus thermophilus* y el *Lactobacillus bulgaricus*)

En uno de los métodos, la sal se acondicionó en seco, en el otro método, se preparó una salmuera con el mismo porcentaje de sal y el % de inóculo correspondiente.

6.3.7.- Fermentación

En esta etapa se tiene el mayor cuidado para evitar la contaminación del producto mediante condiciones aerobias ya que la fermentación se da lugar en un ambiente anaerobio. En el cual según los métodos antes mencionados se procedió dejar que los vegetales absorban por osmosis inversa la concentración de sal presente y dejar que fermentación ácido-láctica se consiga mediante la disminución del pH de la salmuera debido a la producción de ácido láctico por las bacterias fermentativas

6.3.8.- Llenado y Envasado

Para el llenado de los frascos se utilizó el 60% en peso de vegetales y 40% en peso de líquido de gobierno (volumen de llenado).

Se utilizó como líquido de gobierno la solución de salmuera utilizada en la fermentación, calentándola previamente una temperatura de 85°C. El líquido se agregó a los vegetales previamente envasados y posteriormente se cerraron y se invirtieron para crear el vacío.

6.4.- Análisis Implementado en el Proceso de Elaboración

6.4.1.- Temperatura y tiempo de fermentación

Se midió la temperatura durante cada 8 horas para llevar un control de estas variables durante la fermentación.

6.4.2.- Análisis de pH y Acidez

Para analizar la acidez y el pH se tomó una muestra de 5ml de solución de cada recipiente al cual se le midió el valor de pH y la acidez hasta finalizar el proceso

de fermentación. El pH se calculó con un pH-metro y la acidez se determinó, utilizando el método descrito en el Anexo B1.

6.4.3.- Rendimiento Másico

Para determinar el rendimiento másico de cada producto, se tomó en cuenta el peso inicial de la materia prima (vegetal), el peso de las mermas y el peso del producto acondicionado.

El cálculo se realizó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$(a) \quad \%R = \frac{M. C}{M. P} \times 100 \quad \text{Ec. 4.1}$$

Donde: %R = Porcentaje de Rendimiento

M.C. = Materia condicionada

M.P. = Materia Prima

6.4.4.- Análisis de la calidad

El panel sensorial se hizo para comprobar que el producto reúne las condiciones óptimas aceptables por el público consumidor.

Se practicó el análisis de la calidad de los productos (tabla 6.4) a través de un panel sensorial (encuesta). Para esto, se escogieron panelistas al azar para que degustaran los diferentes productos. Las pruebas incluyeron color, olor, sabor, textura y apariencia (ver Anexo B2)

Tabla 6.4 Lista de Vegetales Fermentados para prueba de análisis sensorial

Muestra	Descripcion
A	Pepino con inculo
B	Pepino sin inculo
C	Zanahoria con inculo
D	Zanahoria sin inculo
E	Chile jalapeño con inculo
F	Chile jalapeño sin inculo
G	coliflor con inculo
H	coliflor sin inculo
I	Brocoli con inculo
J	Brocoli sin inculo
K	chayote con inculo
L	chayote sin inculo
M	cebolla con inculo
N	cebolla sin inculo

VII. DISCUSION Y RESULTADOS

Al final del proceso, utilizando el método sumergido con las variantes con inóculo y sin inóculo y tomando en cuenta el 12% en peso de sal y el 1% en peso del inóculo, por un periodo de 7 días en un medio anaeróbico, se obtuvieron los siguientes resultados:

7.1.- Resultados de la Primera Prueba Experimental al 12% NaCl por el método sumergido con las variantes con y sin inóculo.

Utilizando el método sumergido, con las variantes con y sin inóculo y tomando en cuenta el 12% en peso de sal y el 1% en peso de inóculo, por un periodo de fermentación de 7 días en un medio anaeróbico, se midieron los parámetros pH y % de acidez primeramente sin inóculo, teniendo el siguiente resultado:

El pH, resultó ligeramente ácido con valores de 6.27 para el brócoli y 5.83 para el coliflor, el resto de los vegetales con valores por encima de 4.5 no así el chayote con un valor de 4.32. (Véase tabla 7.1.1.)

Para los valores de acidez para este método aunque se observa un crecimiento paulatino del mismo se obtuvieron los porcentajes más altos para la zanahoria de 0.272 y para el chayote 0.291, el resto de los vegetales con rango de 0.127 y 0.163 (Véase tabla 7.1.2).

Tabla 7.1.1. Resultados de análisis de pH de la primera prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método Sumergido sin inóculo al 12% de Sal

Vegetales/Días	1	2	3	4	5	6	7
Coliflor	7.28	6.82	6.08	6.01	5.95	5.9	5.83
Brócoli	7.28	6.65	6.57	6.50	6.43	6.39	6.27
Zanahoria	7.44	6.6	5.11	5.05	4.98	4.9	4.87
Cebolla	7.7	6.98	5.12	5.05	5	4.97	4.89
Chayote	7.6	6.92	5.05	4.69	4.53	4.38	4.32
Pepino	7.4	6.93	5.04	4.89	4.79	4.57	4.55
Jalapeño	8	7.04	5.37	5.01	4.8	4.76	4.69

Tabla 7.1.2. Resultados de análisis de acidez de la primera prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método Sumergido sin inóculo al 12% de Sal.

Vegetales/Días	1	2	3	4	5	6	7
Coliflor	0.018	0.054	0.073	0.091	0.109	0.127	0.145
Brócoli	0.036	0.073	0.073	0.091	0.091	0.109	0.163
Zanahoria	0.018	0.018	0.091	0.145	0.182	0.236	0.272
Cebolla	0.018	0.036	0.073	0.091	0.091	0.109	0.127
Chayote	0.018	0.109	0.145	0.182	0.218	0.272	0.291
Pepino	0.018	0.091	0.109	0.109	0.127	0.145	0.145
Jalapeño	0.018	0.018	0.054	0.073	0.091	0.109	0.127

Posteriormente se trabajó con el método sumergido con la presencia de inóculo obteniendo resultados de pH satisfactorios excepto para el brócoli que resultó un valor de 5, la cebolla 3.71 presentó un grado de acidez alto, el coliflor 3.85 siendo el más alto, el resto con valores comprendidos entre ellos. (Véase tabla 7.1.3.).

Con respecto al porcentaje de acidez para este método se observa un crecimiento del mismo debido a que los valores de pH favorecieron para dichos resultados obteniendo los porcentajes de 0.163 siendo el más bajo para el brócoli y el más alto de 0.454 para el chayote. (Véase tabla 7.1.4)

Tabla 7.1.3. Resultados de análisis de pH de la primera prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método Sumergido con inóculo al 12% de Sal

Vegetales/Días	1	2	3	4	5	6	7
Coliflor	5.44	4.71	4.37	4.17	4	3.87	3.85
Brócoli	5.56	5.35	5.31	5.26	5.22	5.16	5
Zanahoria	5.67	4.38	4.15	4.04	3.95	3.94	3.92
Cebolla	6.04	5.82	4.51	4.47	3.88	3.76	3.71
Chayote	5.65	4.73	4.37	4.12	3.82	3.74	3.65
Pepino	5.71	4.49	4.4	4.38	4.05	3.99	3.97
Jalapeño	5.87	4.33	3.97	3.94	3.91	3.9	3.83

Tabla 7.1.4. Resultados de análisis de acidez de la primera prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método Sumergido con inóculo al 12% de Sal

Vegetales/Días	1	2	3	4	5	6	7
Coliflor	0.036	0.091	0.127	0.163	0.200	0.363	0.381
Brócoli	0.018	0.036	0.073	0.091	0.109	0.145	0.163
Zanahoria	0.018	0.182	0.272	0.363	0.418	0.418	0.436
Cebolla	0.018	0.036	0.054	0.073	0.182	0.218	0.236
Chayote	0.018	0.018	0.218	0.327	0.381	0.454	0.454
Pepino	0.018	0.036	0.254	0.272	0.291	0.345	0.363
Jalapeño	0.018	0.054	0.272	0.272	0.309	0.327	0.327

7.2.- Resultados de la Segunda Prueba Experimental al 12% NaCl por el método salado en seco con las variantes con y sin inóculo.

Utilizando el método salado en seco, con las variantes con y sin inóculo y tomando en cuenta el 12% en peso de sal, por un periodo de fermentación de 7 días en un medio anaeróbico, se midieron los parámetros pH y % de acidez.

Primeramente los resultados de pH de la prueba sin inóculo resultaron ser ligeramente ácidos con el valor más alto de 5.8 para el chayote y el valor más bajo de 4.61 para el pepino, seguido del chile jalapeño con un valor de 4.64. (Véase tabla 7.2.1).

Conforme a los resultados obtenidos para el porcentaje de acidez, en esta corrida se obtuvieron valores de 0.091, con el porcentaje más bajo para el chayote seguido de la cebolla junto con el chile jalapeño con un porcentaje de 0.163 y el porcentaje más alto obtenido fue para la zanahoria con 0.254. (Véase tabla 7.2.1).

Tabla 7.2.1. Resultados de análisis de pH y porcentaje de acidez de la segunda prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método salado en seco sin inóculo al 12% de Sal

Vegetal	pH sin inóculo		Acidez sin Inóculo	
	pH inicial	pH Final	Acidez inicial	Acidez final
Coliflor	7.2	5.13	0.018	0.236
Brócoli	7.04	5.18	0.018	0.182
Zanahoria	7.51	5.24	0.018	0.254
Cebolla	7.35	5.04	0.018	0.163
Chayote	7.16	5.8	0.018	0.091
Pepino	6.98	4.61	0.018	0.182
Jalapeño	6.95	4.64	0.018	0.163

Posteriormente se trabajó con el método salado en seco con la presencia de inóculo, obteniendo resultados más adecuados de pH con respecto a la corrida anterior, obteniendo valores de 4.37 para el pepino, con un porcentaje de acidez 0.218, siendo este vegetal el que obtuvo mejores resultados, el brócoli con un valor de pH de 4.89 y un porcentaje de acidez de 0.163 obteniendo los resultados más bajos para esta corrida. (Véase tabla 7.2.2.)

Tabla 7.2.2. Resultados de análisis de pH y porcentaje de acidez de la segunda prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método salado en seco con inóculo al 12% de Sal

Vegetal	PH con inóculo		Acidez con Inóculo	
	pH inicial	pH Final	Acidez inicial	Acidez final
Coliflor	5.89	4.5	0.018	0.272
Brócoli	5.79	4.89	0.018	0.163
Zanahoria	5.81	4.64	0.018	0.200
Cebolla	5.76	4.67	0.018	0.182
Chayote	5.71	4.59	0.018	0.127
Pepino	5.78	4.37	0.018	0.218
Jalapeño	6.09	4.5	0.018	0.272

Para concluir con el análisis de esta prueba experimental que se creó un ambiente de anaerobiosis provocando un pequeño crecimiento de mohos y levaduras, debido al medio acuoso al que estaban sometidos los vegetales y a la presencia de aire que lograba filtrarse cuando se tomaba la muestra para las mediciones diarias de pH y porcentaje de acidez, obteniendo valores no óptimos para la conservación de dichos vegetales. Con respecto a las propiedades organolépticas se vio afectado el sabor, la textura estaba un poco blanda debido al alto porcentaje de sal establecido para este método, por consiguiente descartamos esta prueba experimental.

A continuación se presentan las imágenes durante el proceso de la elaboración de los Vegetales por el Método Sumergido al 12% de NaCl.





Fig. 7.1 Proceso de Fermentación láctica durante 7 días.

A continuación se presentan las imágenes durante el proceso de la elaboración de los Vegetales por el Método Salado en Seco al 12% de NaCl.





Fig. 7.2 Proceso de Fermentación Láctica durante 7 días.

7.3.- Resultados de la Tercera Prueba Experimental al 2.5% NaCl por el método sumergido con las variantes con y sin inóculo.

Utilizando el método sumergido, con las variantes con y sin inóculo y tomando en cuenta el 2.5% en peso de sal y el 1% en peso de inóculo, por un periodo de fermentación de 7 días en un medio anaeróbico, se midieron los parámetros pH y % de acidez primeramente sin inóculo, teniendo el siguiente resultado:

Los resultados finales de pH para esta prueba no fueron tan aceptables en los cuales, el valor más alto fue el brócoli con 6.2, seguido del chile jalapeño con 5.8, entre los valores más bajos tenemos la zanahoria con un valor de 4.05 posteriormente la cebolla con 4.44.

Con respecto al porcentaje de acidez para esta prueba se observa un leve incremento, obteniendo el mayor porcentaje con 0.400, posteriormente la cebolla con 0.291, el chayote y el pepino tuvieron el mismo comportamiento con porcentajes iguales de 0.218, siendo el más bajo, en cuanto al chile jalapeño se puede decir que no varió durante el tiempo de fermentación, presentando un porcentaje de acidez igual al del primer día de fermentación de 0.018. (Véase tabla 7.3.1.)

Tabla 7.3.1 Resultados de análisis de pH y porcentaje de acidez de la tercera prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método sumergido al 2.5% de Sal, sin inóculo.

Vegetal	pH sin inóculo		Acidez sin inóculo	
	pH inicial	pH Final	Acidez inicial	Acidez final
Coliflor	7	5.5	0.018	0.091
Brócoli	6.9	6.2	0.018	0.182
Zanahoria	7.2	4.05	0.018	0.400
Cebolla	7.2	4.44	0.018	0.291
Chayote	7.5	4.85	0.018	0.218
Pepino	6.2	5.49	0.018	0.218
Jalapeño	7.2	5.8	0.018	0.018

Posteriormente se trabajó con el método sumergido con la presencia de inóculo obteniendo resultados un poco más satisfactorios con respecto al análisis anterior.

Se obtuvieron valores de pH ligeramente ácidos, obteniendo el chayote el valor más bajo de 4.6, seguido de la cebolla y el pepino con valores de pH de 4.67 y 4.95 respectivamente y los valores más altos de pH lo obtuvieron el coliflor y el chile jalapeño con 5.19 y 5.57 respectivamente.

Con respecto al porcentaje de acidez para esta corrida se obtuvo un leve crecimiento con el mismo, obteniendo el mejor porcentaje la zanahoria con 0.400 seguido de la cebolla con 0.291 y los porcentajes más bajos fueron el pepino y la cebolla con 0.127 y 0.145 respectivamente. (Véase tabla 7.3.2).

Tabla 7.3.2. Resultados de análisis de pH y porcentaje de acidez de la tercera prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método sumergido al 2.5% de Sal y 1% de inóculo.

Vegetal	pH con inóculo		Acidez con inóculo	
	pH inicial	pH Final	Acidez inicial	Acidez final
Coliflor	5.4	5.19	0.018	0.145
Brócoli	5.51	5.18	0.018	0.200
Zanahoria	5.87	4.88	0.018	0.545
Cebolla	5.83	4.67	0.018	0.145
Chayote	5.62	4.6	0.018	0.182
Pepino	5.01	4.95	0.018	0.127
Jalapeño	5.86	5.57	0.018	0.236

7.4.- Resultados de la Cuarta Prueba Experimental al 2.5% NaCl por el método salado en seco con las variantes con y sin inóculo.

Utilizando el método salado en seco, con las variantes con y sin inóculo y tomando en cuenta el 2.5% en peso de sal y el 1% en peso de inóculo, por un periodo de fermentación de 7 días en un medio anaeróbico, se midieron los parámetros pH y % de acidez primeramente sin inóculo, teniendo el siguiente resultado:

Para el pH se obtuvo el mejor valor para el chayote con 3.71, seguido de la cebolla con 3.77, el valor de pH más alto se obtuvo para el coliflor con 5.43 y el brócoli con 5.08, con respecto al porcentaje de acidez no fue tan significativo, obteniendo el mayor porcentaje de 0.781 para el pepino, seguido del chayote con 0.545 y el jalapeño obteniendo el valor más bajo con 0.163. (Véase tabla 7.4.1.)

Tabla 7.4.1. Resultados de análisis de pH y porcentaje de acidez de la cuarta prueba Experimental de Fermentación de vegetales por el Método salado en seco sin inóculo al 2.5% de sal.

Vegetal	pH sin inóculo		Acidez sin Inóculo	
	pH inicial	pH Final	Acidez inicial	Acidez final
Coliflor	6.32	5.43	0.018	0.200
Brócoli	6.98	5.08	0.018	0.182
Zanahoria	5.76	3.94	0.018	0.291
Cebolla	5.69	3.77	0.018	0.182
Chayote	5.55	3.71	0.018	0.545
Pepino	5.81	4.12	0.018	0.781
Jalapeño	6.03	4.61	0.018	0.163

Posteriormente se trabajó con el método salado en seco con la presencia de inóculo

con resultados más adecuados de pH con respecto a la corrida anterior excepto el brócoli que presentó un valor de 6, siendo este el más alto, seguido del coliflor con 5.22, los pH más ácidos para este método fueron: El chayote y la cebolla con valores de 3.62 y 3.91 respectivamente, para los porcentajes de acidez, presentaron valores más altos, el pepino y la cebolla con porcentajes de 0.708 y 0.654 respectivamente y el brócoli, que obtuvo un porcentaje de 0.054. (Véase tabla 7.4.2.)

Tabla 7.4.2. Resultados de análisis de pH y porcentaje de acidez de la cuarta prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método salado en seco al 2.5% de Sal y al 1% de inóculo.

Vegetal	PH con inóculo		Acidez con inóculo	
	pH inicial	pH Final	Acidez inicial	Acidez final
Coliflor	6.87	5.22	0.018	0.163
Brócoli	6.33	6	0.018	0.054
Zanahoria	5.98	4.69	0.018	0.345
Cebolla	6.09	3.91	0.018	0.654
Chayote	5.23	3.62	0.018	0.581
Pepino	5.51	4.32	0.018	0.708
Jalapeño	5.78	4.08	0.018	0.726

Como se puede observar para ambos métodos no se tomaron mediciones diarias para los siete días de fermentación, solamente se logró medir valores de pH y acidez para el primero y el séptimo día, con el propósito de lograr un proceso totalmente anaeróbico, evitando la presencia de bacterias no deseadas en el ambiente que pudieran afectar nuestro producto, como resultado de esta prueba experimental aunque se creó un ambiente anaeróbico, hubo una descomposición del producto, debido al bajo porcentaje de sal, el cual no era lo suficiente para la conservación de dichos vegetales; por consiguiente se descarta la prueba experimental correspondiente al 2.5% en peso de sal con las variantes con y sin inóculo; tomando la decisión de descartar el método sumergido con las variantes con y sin inóculo con cualquier porcentaje de sal para futuras pruebas experimentales.

7.5.- Resultados de la Quinta Prueba Experimental al 10% NaCl por el método salado en seco con las variantes con y sin inóculo.

Utilizando el método salado en seco, con las variantes con y sin inóculo y tomando en cuenta el 10% en peso de sal y el 1% en peso de inóculo, por un periodo de fermentación de 7 días en un medio anaeróbico, se midieron los parámetros pH y porcentaje de acidez; primeramente el método seco sin la presencia de inóculo obteniendo valores de pH de 3.65, el pH más ácido resultó para la zanahoria, seguido de la cebolla con 3.79 y el chayote con un valor de 3.89, luego valores más altos para el coliflor con 4.16 para el pepino 4.19 para el brócoli 4.20 y el jalapeño con 4.82; con respecto a la acidez el porcentaje más alto lo obtuvo la zanahoria con 0.745, posteriormente la cebolla y el chayote con 0.708 y 0.527, el

coliflor con 0.418, el brócoli con 0.400 y por último el pepino y el chile jalapeño con 0.381 y 0.363 respectivamente. (Véase tabla 7.5.1)

Tabla 7.5.1. Resultados de análisis de pH y porcentaje de acidez de la quinta prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método salado en seco al 10% de sal sin inóculo.

Vegetal	pH sin inóculo		Acidez sin inóculo	
	pH inicial	pH Final	Acidez inicial	Acidez final
Coliflor	6.2	4.16	0.018	0.418
Brócoli	6.01	4.2	0.018	0.400
Zanahoria	5.96	3.65	0.018	0.745
Cebolla	5.88	3.79	0.018	0.708
Chayote	5.9	3.89	0.018	0.527
Pepino	6.08	4.19	0.018	0.381
Jalapeño	6.12	4.82	0.018	0.363

Posteriormente se trabajó con el método salado en seco con la presencia de inóculo con resultados más aceptables de pH y porcentajes de acidez, observando un descenso del pH y un aumento ligero del porcentaje de acidez debido a la adición del yogurt como inóculo siendo éste un catalizador para dicho proceso.

Se obtuvieron mejores resultados con respecto a la corrida anterior obteniendo el valor de pH para la zanahoria de 3.5 con una acidez de 0.817, seguido de la cebolla con un pH de 3.62 y un porcentaje de acidez de 0.745, el chayote con un pH de 3.73 y una acidez de 0.563, posteriormente el brócoli y el jalapeño ambos con valores de pH 3.8 y sus porcentajes de acidez de 0.454 y 0.381 y por últimos los valores más altos de pH fueron para el coliflor con 3.89 y para el pepino con 3.9 y los porcentajes de acidez para ambos fueron de 0.472 y 0.418. (Véase tabla 7.5.2.).

Tabla 7.5.2. Resultados de análisis de pH y porcentaje de acidez de la quinta prueba experimental de Fermentación de Vegetales por el Método salado en seco al 10% de sal y al 1% de inóculo.

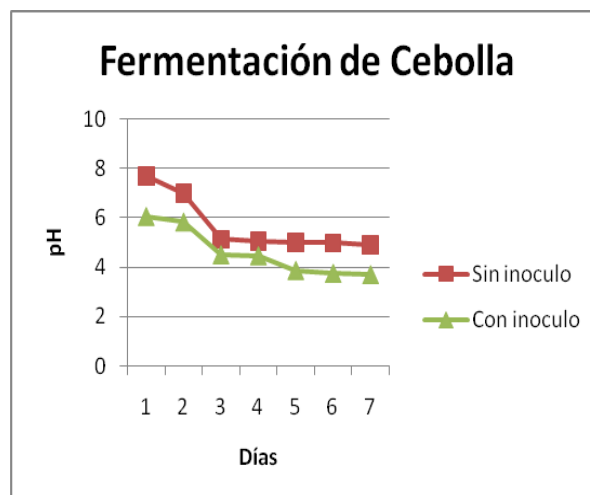
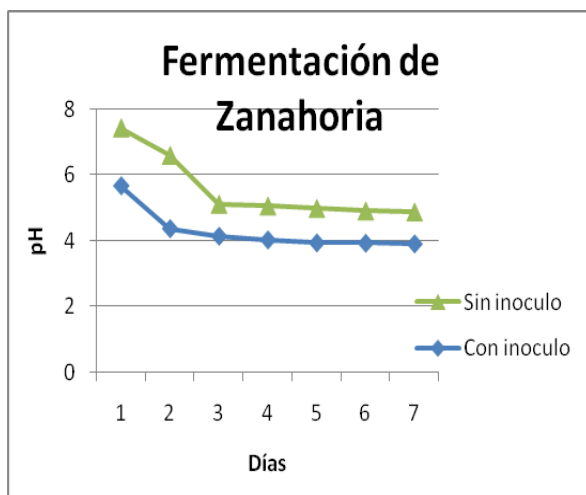
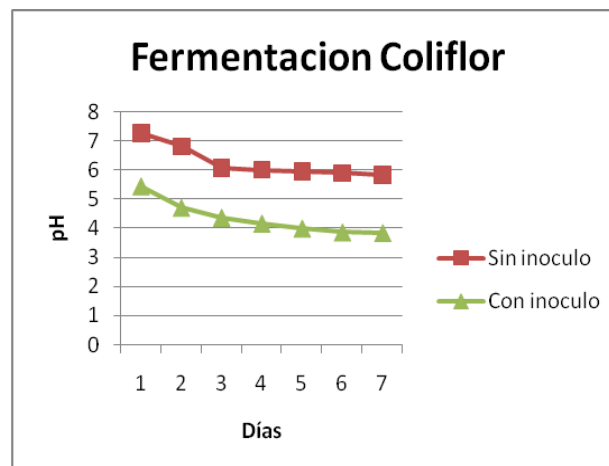
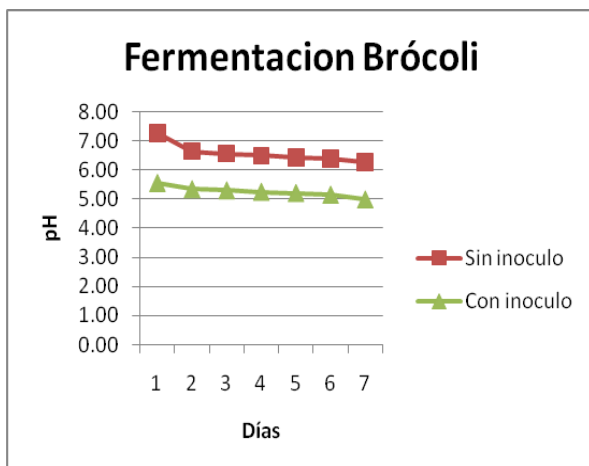
Vegetal	pH con inóculo		Acidez con inóculo	
	pH inicial	pH Final	Acidez inicial	Acidez final
Coliflor	5.71	3.89	0.018	0.472
Brócoli	5.95	3.8	0.018	0.454
Zanahoria	5.77	3.5	0.018	0.817
Cebolla	5.53	3.62	0.018	0.745
Chayote	5.81	3.73	0.018	0.563
Pepino	6	3.9	0.018	0.418
Jalapeño	5.96	3.8	0.018	0.381

Al final del periodo de fermentación para esta quinta prueba experimental se observó que los vegetales presentaban las características deseadas de apariencia, color, sabor, olor y textura así mismo comprobándolo a través de un panel sensorial.

En dicha prueba no hubo mucha manipulación del producto, sin embargo, se observa que los valores de pH finales son ligeramente inferiores para todos los valores de pH, para todas las pruebas experimentales anteriores y los porcentajes de acidez finales, para todos los casos son ligeramente superior.

En esta prueba se observaron los valores de pH y porcentajes de acidez deseados para la elaboración de vegetales fermentados, siendo estos valores los óptimos para la conservación de los mismos vegetales; por consiguiente consideramos esta prueba experimental como resultado final de nuestros vegetales fermentados.

A continuación, se presentan los gráficos donde muestran el comportamiento durante la fermentación de los vegetales.



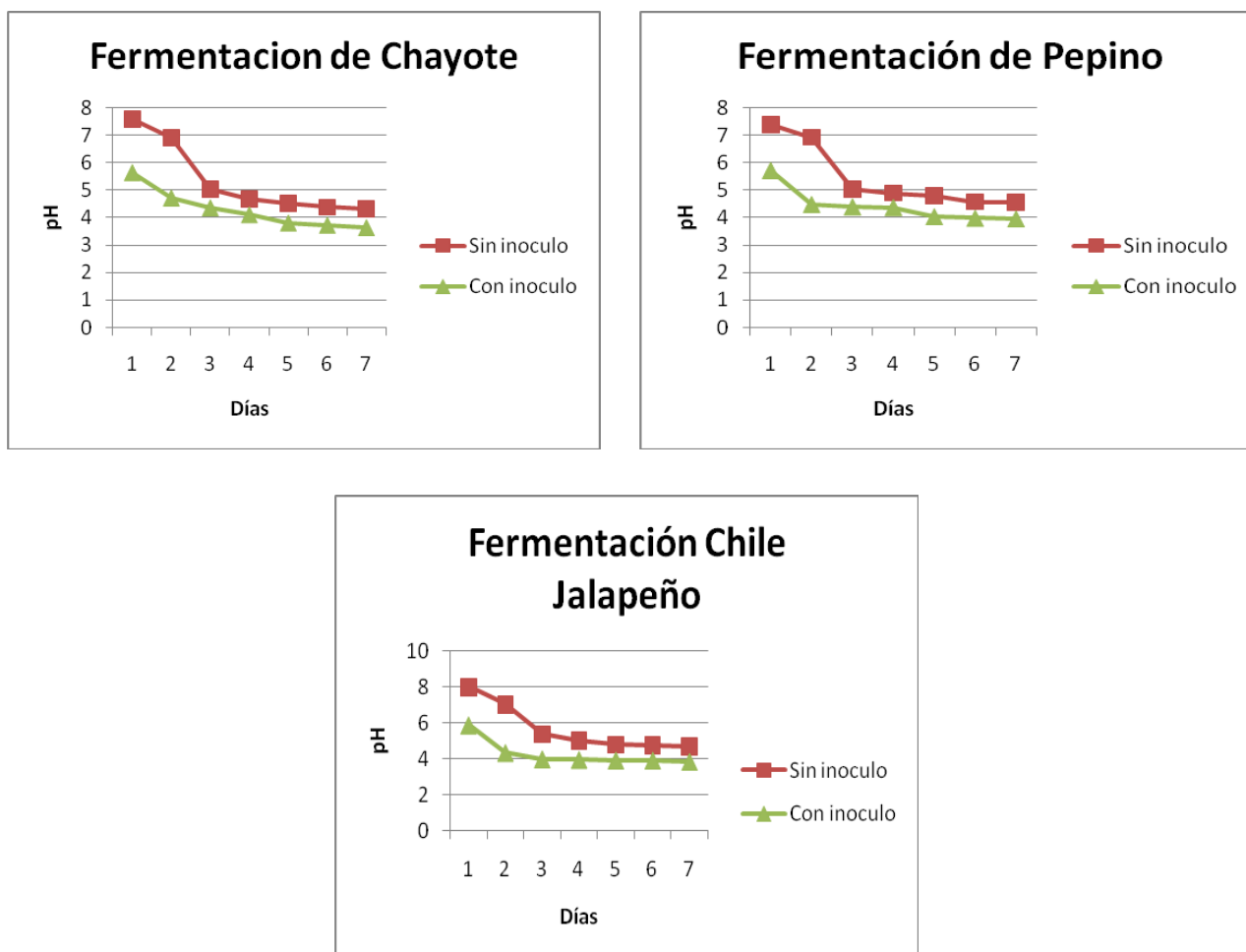
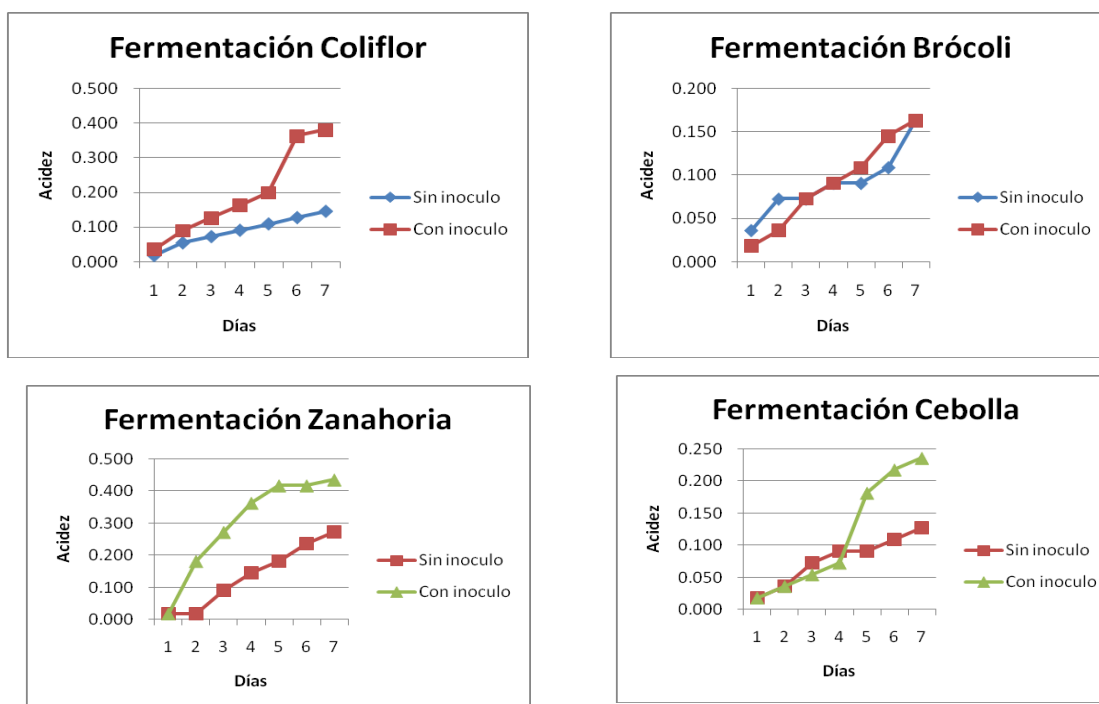


Figura 7.1. Comportamiento de pH durante los 7 días de Fermentación de los vegetales, por el método sumergido con y sin inculo al 12% de NaCl.



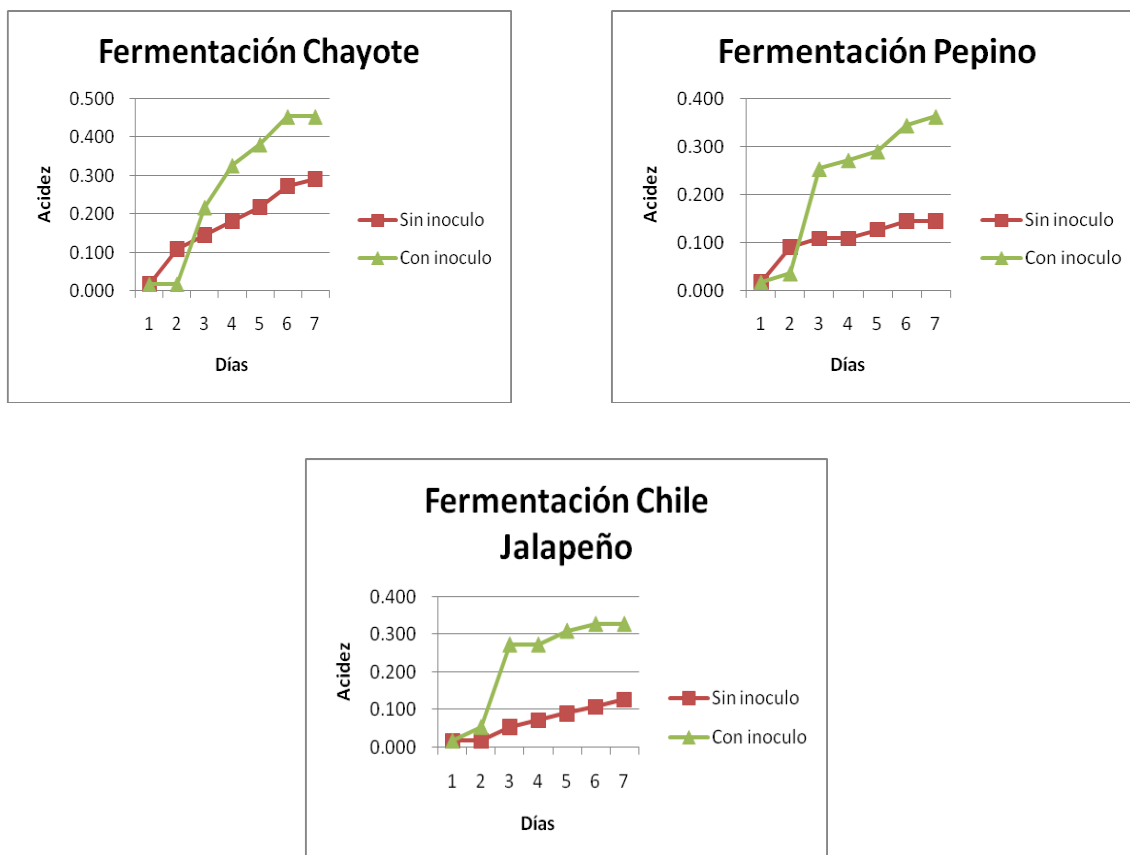


Figura 7.2. Comportamiento del porcentaje de Acidez, durante los 7 días de fermentación de los Vegetales por el Método Sumergido con y sin inculo al 12% de NaCl.

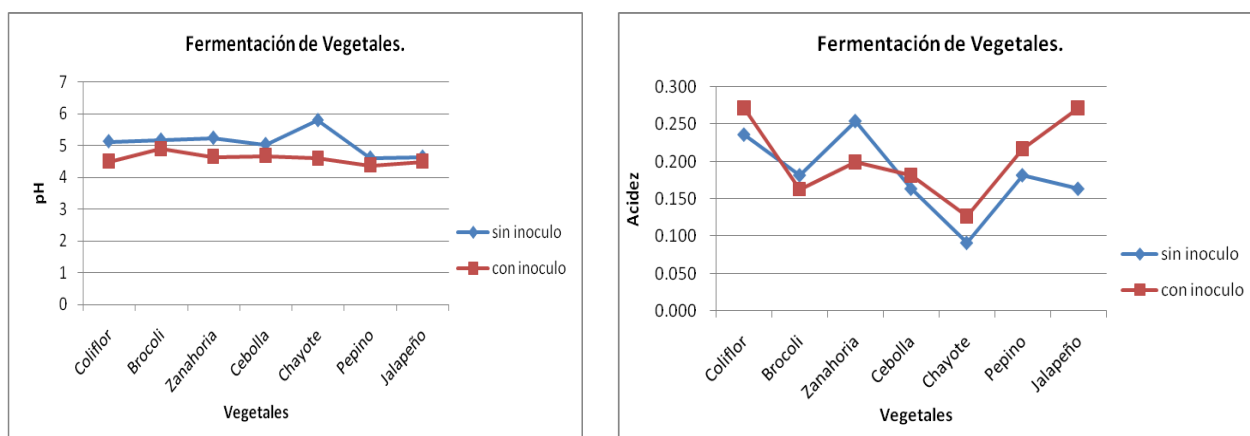


Figura 7.3. Comportamiento de pH y porcentaje de Acidez, al séptimo día de fermentación de los Vegetales por el Método Seco con y sin inculo al 12% de NaCl

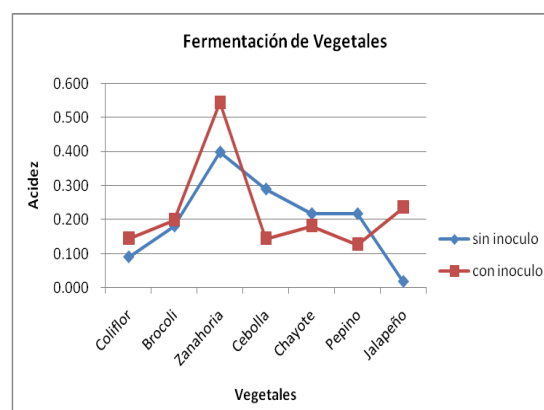
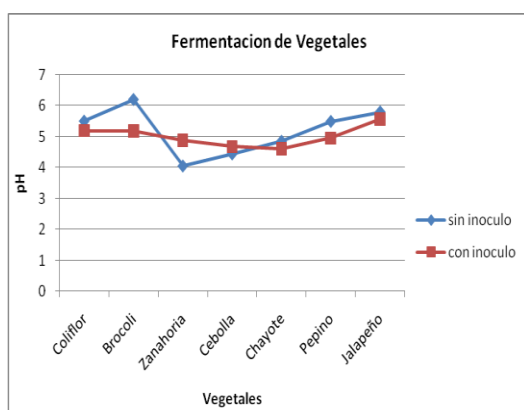


Figura 7.4. Comportamiento de pH y porcentaje de Acidez, al séptimo día de fermentación de los Vegetales por el Método Sumergido con y sin inculo al 2.5% de NaCl.

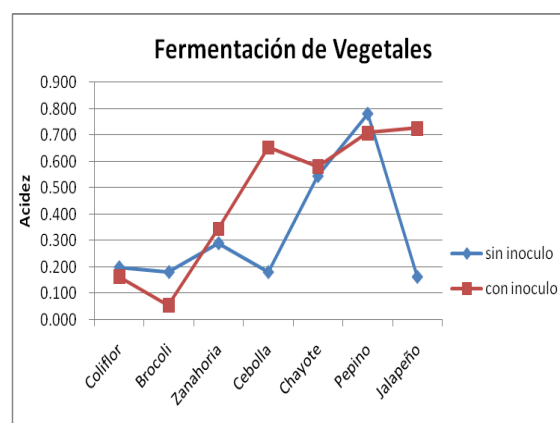
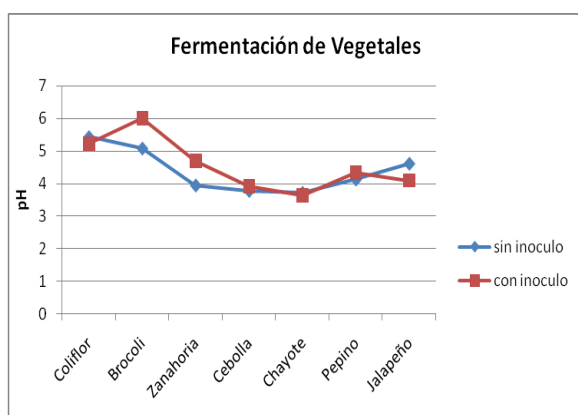


Figura 7.5. Comportamiento de pH y porcentaje de Acidez, al séptimo día de fermentación de los Vegetales por el Método Seco con y sin inculo al 2.5% de NaCl.

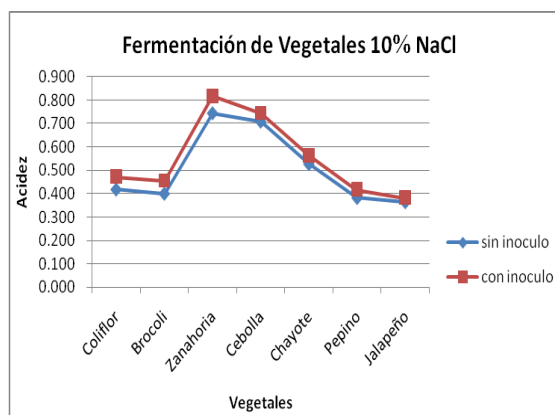
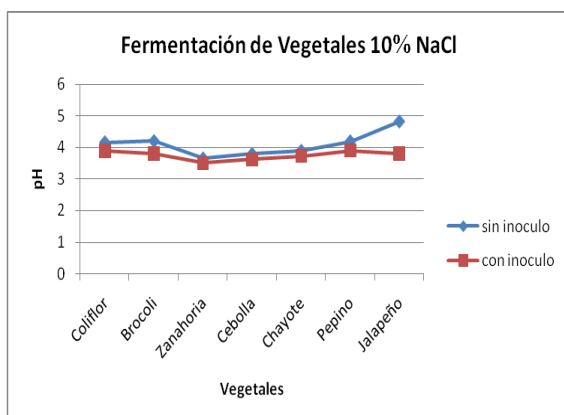


Figura 7.6. Comportamiento de pH y porcentaje de Acidez, al séptimo día de fermentación de los Vegetales por el Método Seco con y sin inculo al 10% de NaCl

VIII. Resultados del Análisis de la Calidad del producto final

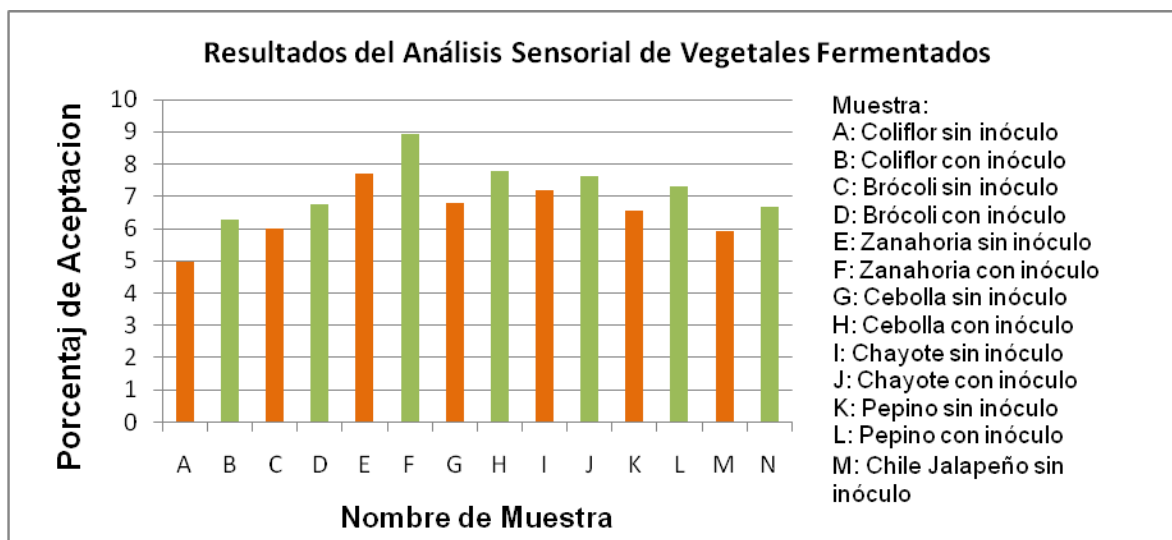


Figura 8.1. Análisis Sensorial

Los resultados obtenidos de la encuesta del análisis de calidad aplicada a los panelistas la mayoría se encuentra con un alto grado de aceptación.

En la figura 8.1 se puede ver el comportamiento de las muestras degustadas en la que se refleja que la muestra que corresponde a la Zanahoria sin inóculo fue la más aceptada con un porcentaje arriba del 75% y el coliflor sin inóculo fue la menos aceptada con un porcentaje del 50% en lo que respecta a las muestras sin presencia de inóculo.

Por consiguiente las muestras con presencia de inóculo la más aceptada fue la Zanahoria con inóculo con un 90% de aceptación y la menos aceptada fue el Coliflor con inóculo con un 63% de aceptación.

IX. CONCLUSIONES

- El proceso de elaboración de vegetales fermentados se presenta como una gran alternativa para la industria alimentaria pues se caracteriza por tener altos rendimientos con respecto a la utilización de la materia prima.
- Los vegetales fermentados pueden elaborarse ya sea con la adición de yogurt y sin yogurt. Siendo la tercera prueba experimental al 10% de Sal, la de mejor aceptación a través de los valores adquiridos mediante el Análisis Sensorial.
- Los productos fermentados con inóculo alcanzan con mayor rapidez la acidez apropiada no alterando las propiedades nutritivas del vegetal, conservando un agradable sabor, acidez aceptable al paladar, textura crujiente y muy buena apariencia lista para el consumo humano.
- Estos productos no permiten el crecimiento de microorganismos lo que nos lleva a disminuir las acciones enzimáticas que en los vegetales frescos no se logra al caracterizarse estos productos pero ser ácidos permite que la mayoría de los microorganismos patógenos no se desarrollen.
- El comportamiento del pH y la acidez durante la fermentación varía de acuerdo al tipo del vegetal, siendo el pH óptimo de la fermentación de los vegetales por el método salado en seco con inóculo y sin inóculo de 3.5 y porcentaje de acidez fue de 0.8
- En la elaboración de vegetales fermentados la sal además de inhibir microorganismos que producen deterioro a los vegetales, esta sirve como un medio para que las bacterias ácido-lácticas realicen su metabolismo produciendo así el ácido láctico, el cual ayuda a la conservación de estos productos y a prolongar la vida útil lo cual es de gran importancia.

X. RECOMENDACIONES

- Para la fermentación de vegetales se recomienda tomar en cuenta el control de la temperatura en el periodo de fermentación, utilizando un termómetro digital que es más preciso y exacto, debido que el existente en el laboratorio (de mercurio) nos marcaba valores constantes.
- Durante la elaboración de dicho trabajo se deberá realizar un análisis de Cloro libre o presencia de Cloro al agua potable con la que se realizará el proceso.
- Durante el proceso de fermentación de los vegetales, no deben envasarse en recipientes metálicos, ya que al estar en contacto con el ácido láctico que se forma, se producen sales tóxicas.
- Los envases deben de ser nuevos de vidrios y de tapa hermética, para evitar la proliferación bacteriana.
- Llevar a cabo las buenas prácticas de manufacturas para así garantizar el mínimo riesgo microbiano.
- Al producto final se debe realizar un análisis bacteriológico para distinguir las bacterias presentes en nuestro producto.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

11.1.- Textos

- Arthey D. y Dénos, C. 1992. **Procesado de Hortalizas**, Editorial. Acribia, Zaragoza, España
- Carlos D., 2003. **Guía técnica del cultivo del pepino**, editorial Zamora, México
- Donath E., 1992. **Elaboración Artesanal de Frutas y Hortalizas** Editorial. Acribia S.A., Zaragoza, España
- Fennema O, 1992. **Química de los alimentos**, Editorial ,Zaragoza, España
- IICA-MAGFOR-JICA, 2005. **Cadena Agroindustrial Hortalizas**, informe final
- Norman N Potter, 1978. **Ciencia de los alimentos** .Editorial, Edotex, México
- Pedrero Daniel. 1989. **Evaluación Sensorial de los Alimentos**. 1ª Edición, Alambra mexicana, México, D. F
- Piura, J. 1994. **Introducción a la Metodología de la Investigación Científica**, editorial.
- Plan de desarrollo departamental de Jinotega (PDDJ), septiembre 2004. **Consejo de desarrollo rural de Jinotega** ,II edición, plan de desarrollo de Jinotega
- Ralph W. Ricardson, 2000. **Indicadores Generales para el cultivo de Chile Jalapeño**. Editorial Zamora. México
- Rene Carballo, 2001. **Folleto de Zanahoria**, universidad Nacional Agraria

11.2.- Sitios Web

- <http://www.hispavista.com/>
- <http://www.infoagro.com/>
- <http://www.monografias.com/trabajos15/fermentacion-acidolactica/fermentacion-acidolactica.html>.
- <http://www.monografias.com/trabajos12/bioalim/bioalim.shtml>.
- <http://www.simas.org.ni/>
- <http://www.uva.org.ar/conserva1.html>.
- http://www.uc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p058.html
- <http://www.verduras.consumer.es>



XII. ANEXOS

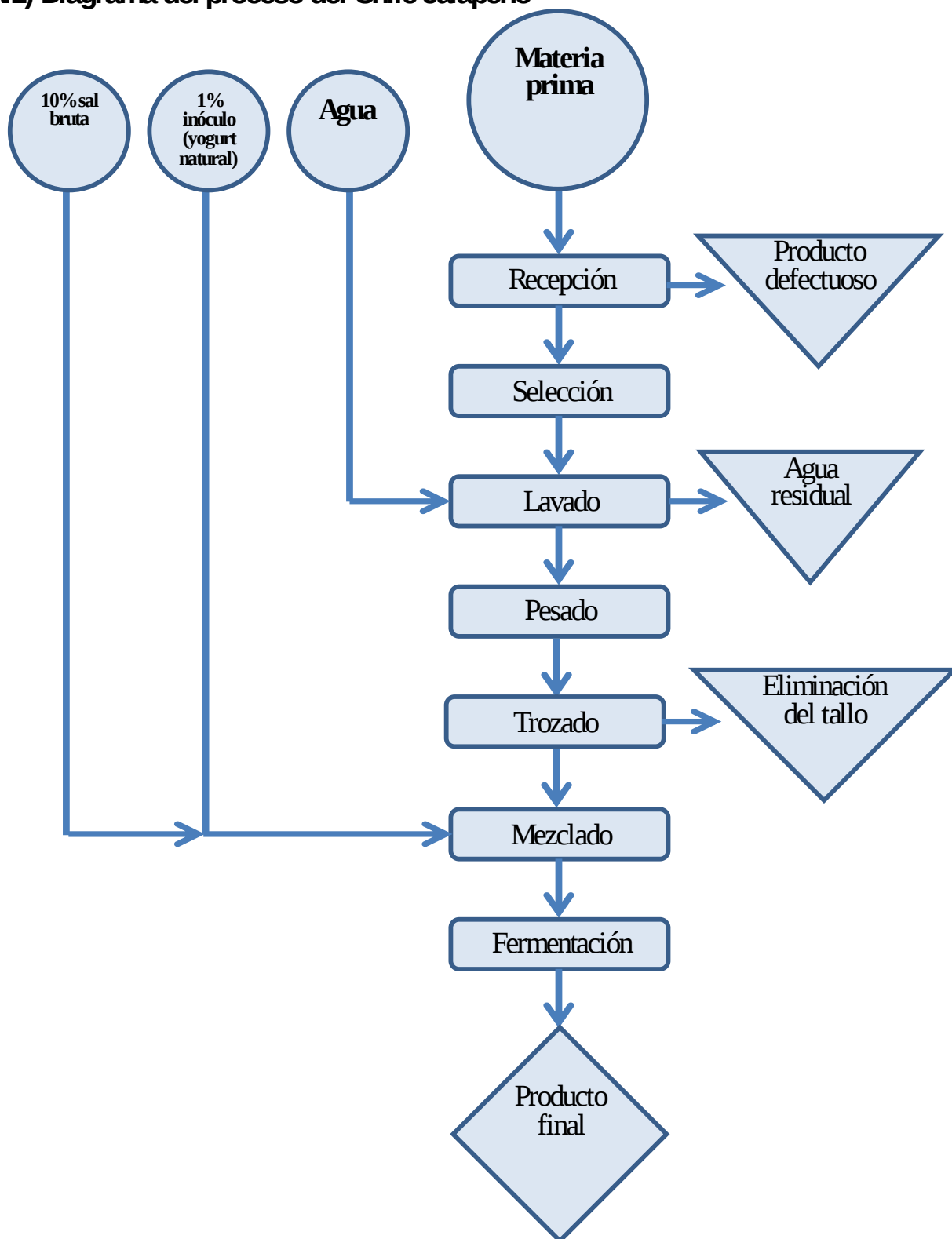
ANEXOS



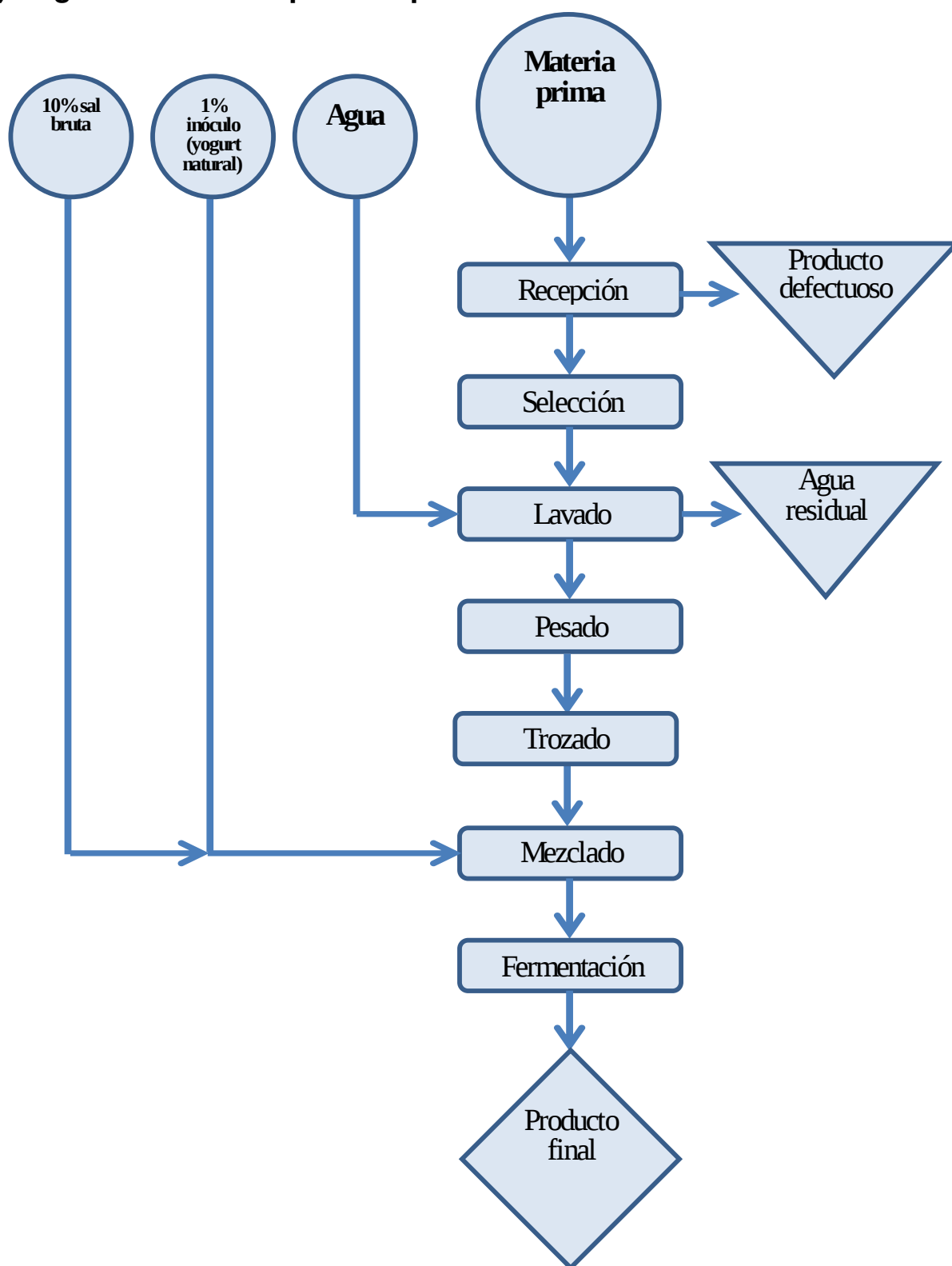
ANEXOS "A"

Diagramas de los diferentes procesos de elaboración de los vegetales

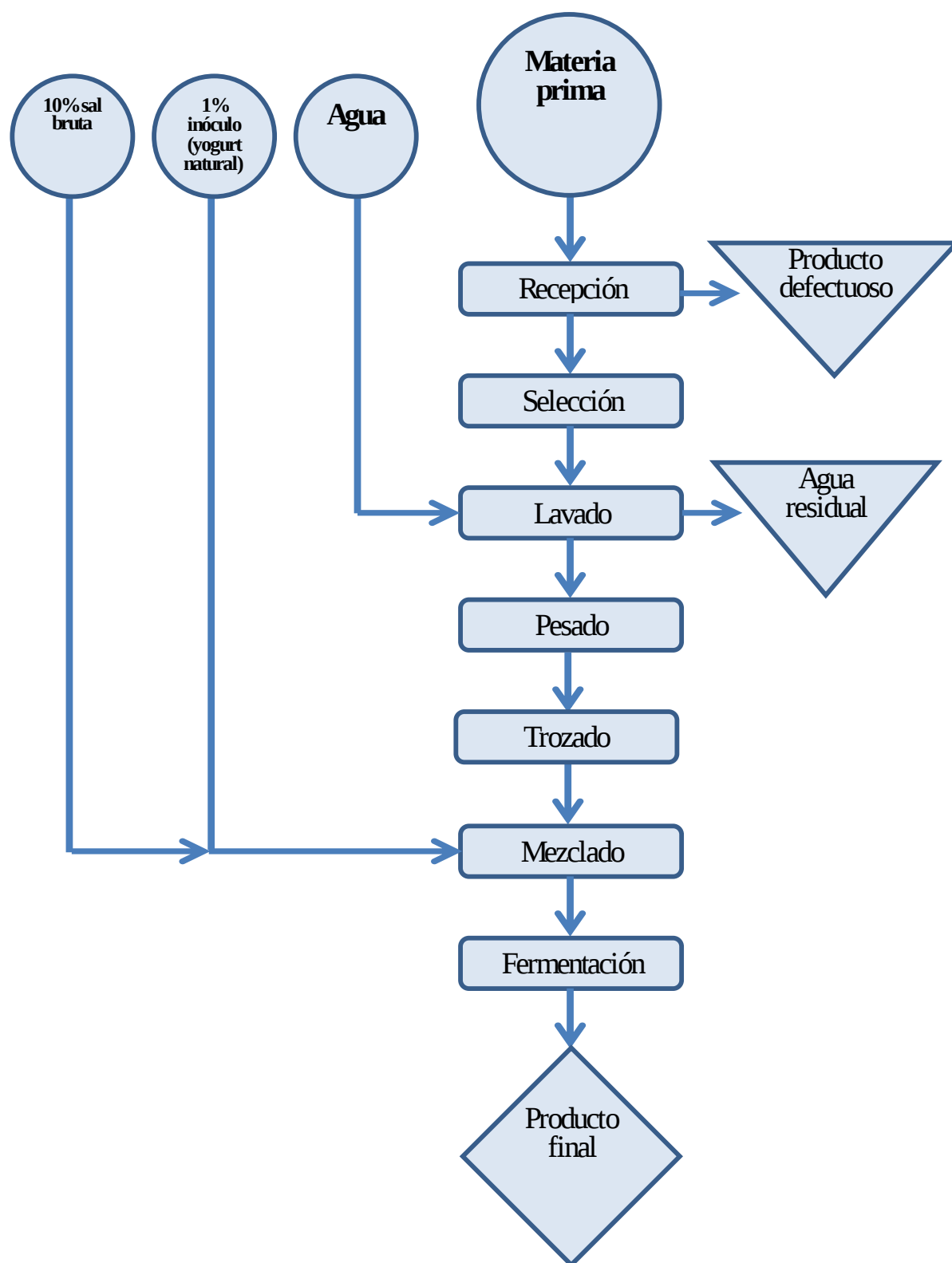
A.1) Diagrama del proceso del Chile Jalapeño



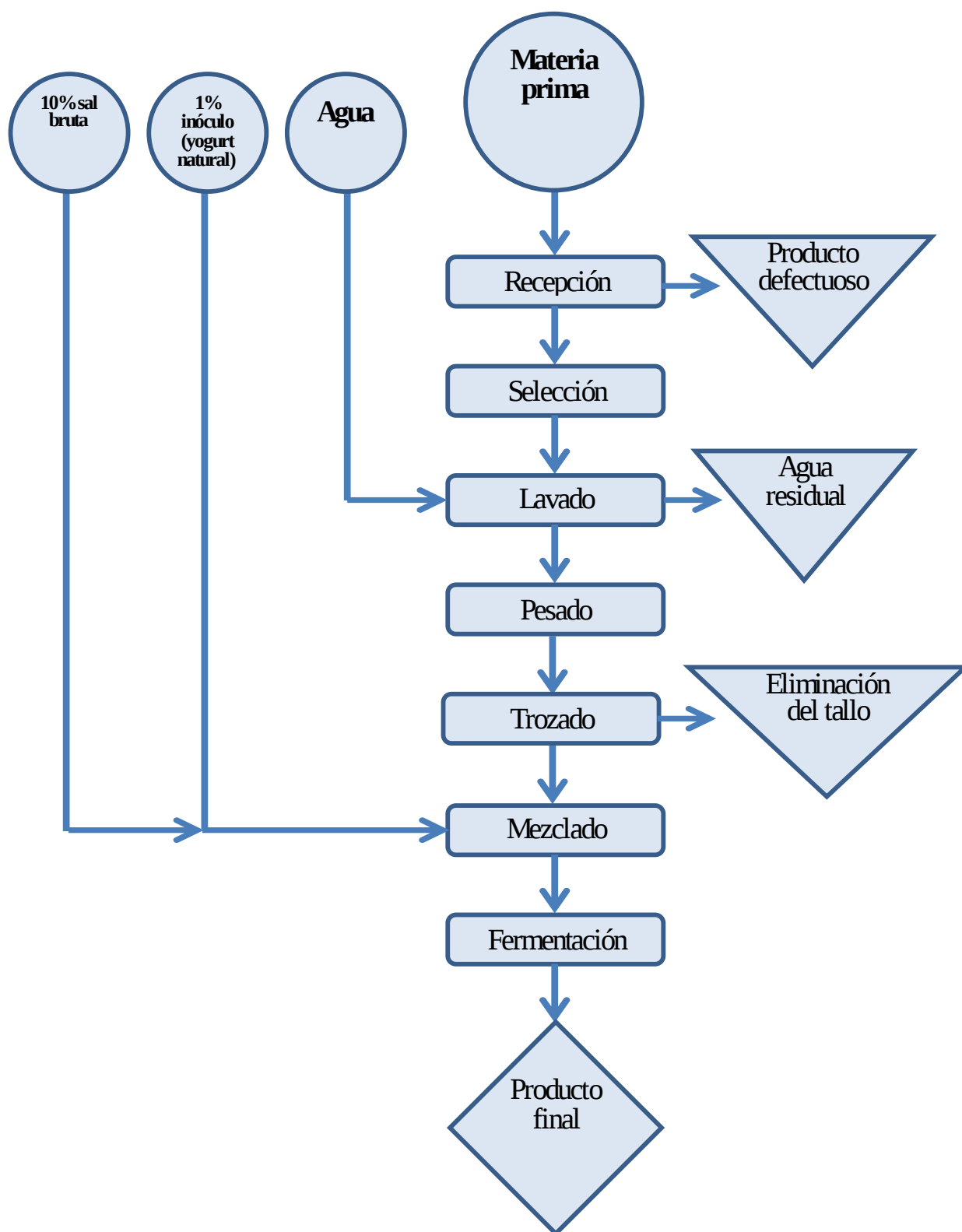
A.2) Diagrama del Proceso para el Pepino



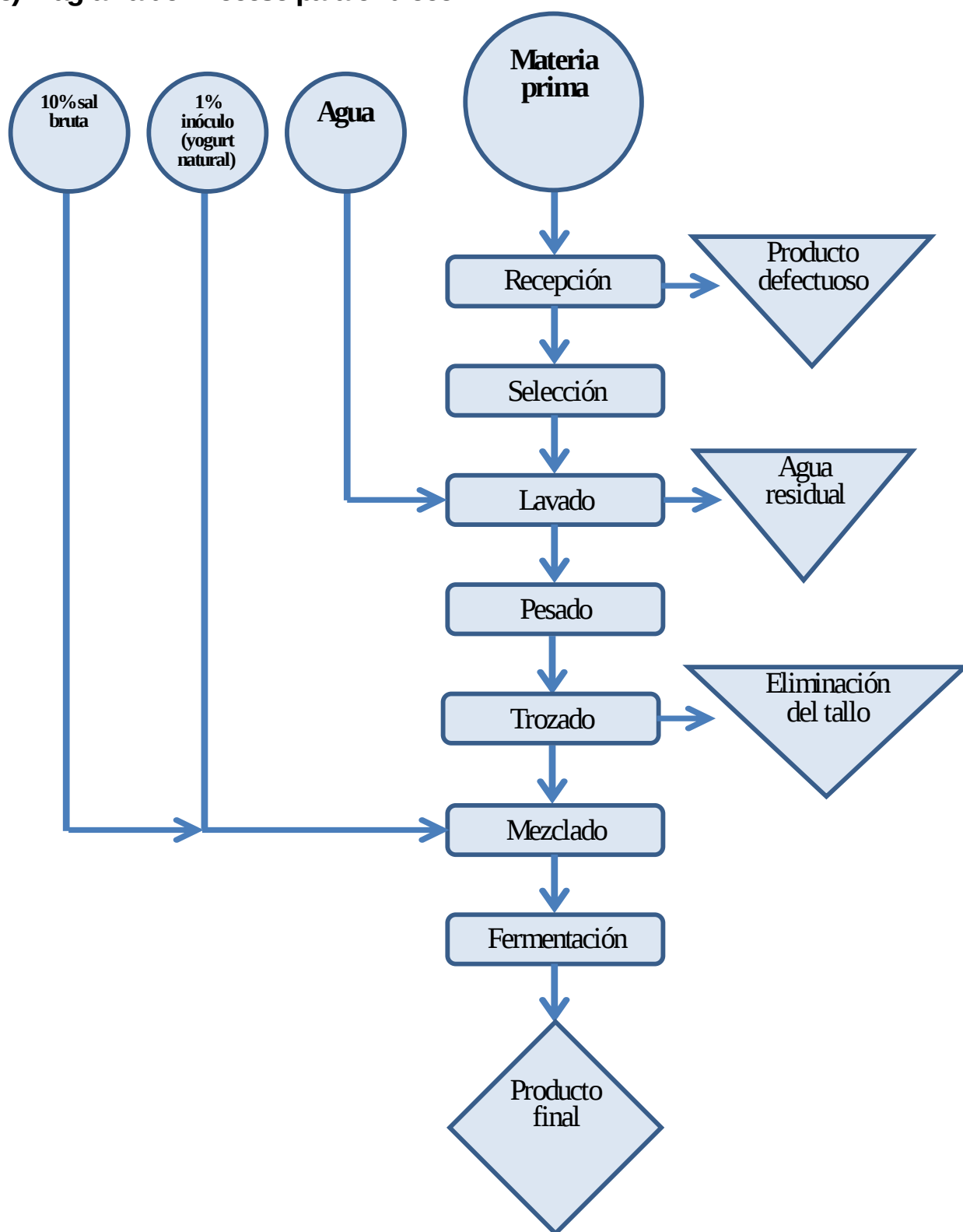
A.3) Diagrama de Proceso para la Zanahoria



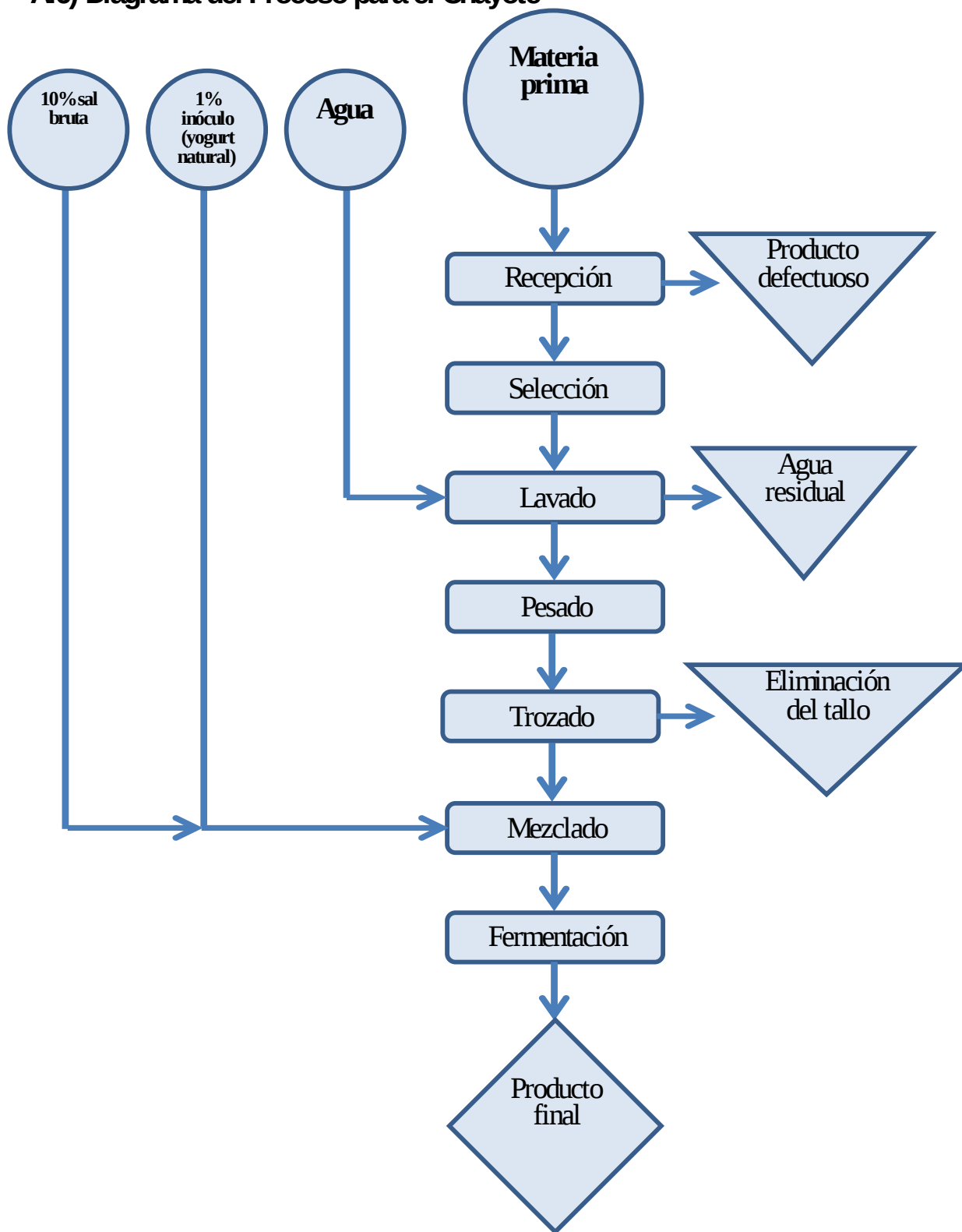
A.4) Diagrama del Proceso para el coliflor



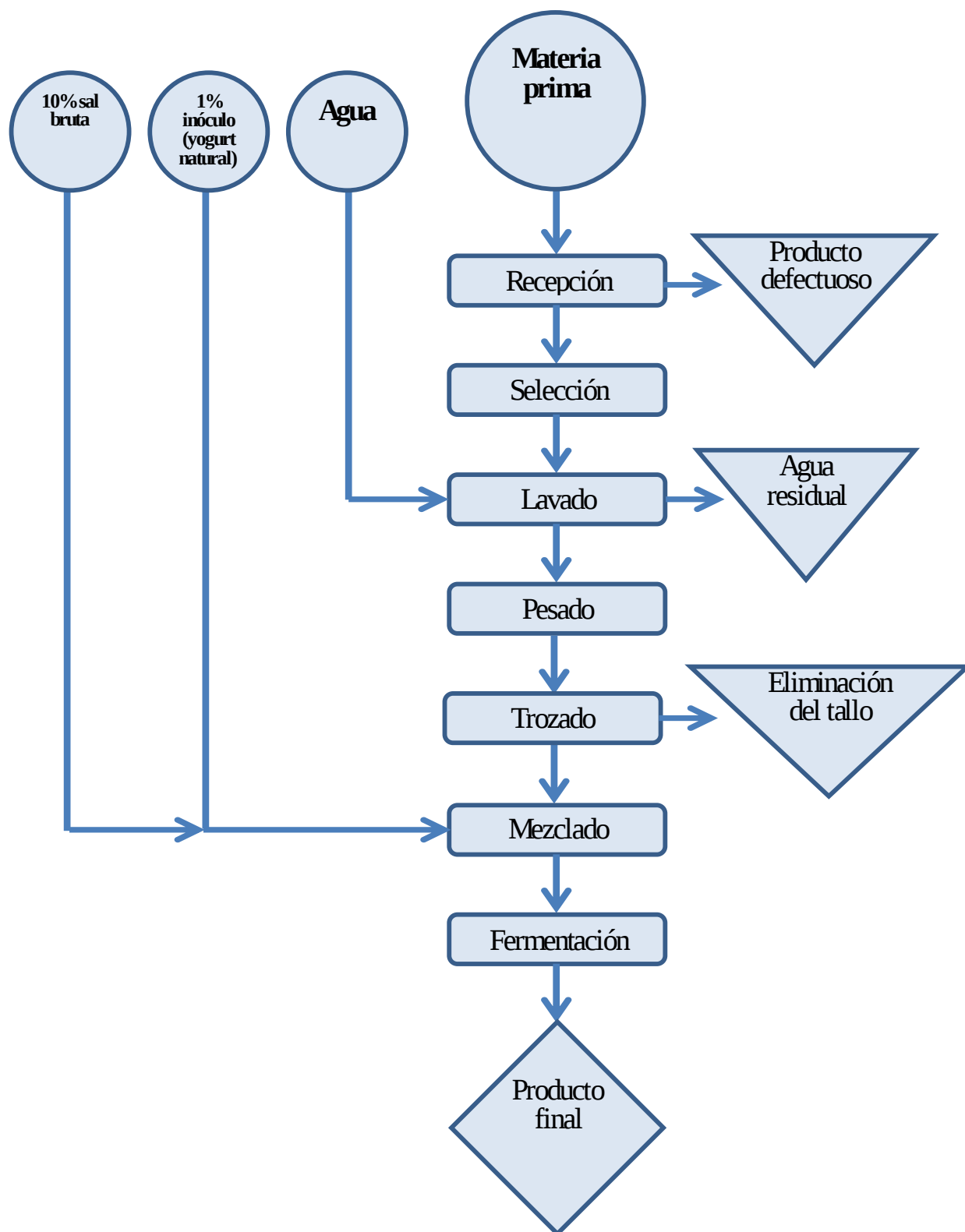
A.5) Diagrama del Proceso para el brócoli



A.6) Diagrama del Proceso para el Chayote



A.7) Diagrama del Proceso para Cebolla





ANEXOS "B"

B.1- Método de la Determinación de la Acidez

I. INTRODUCCION

Durante el período de fermentación, el principal cambio químico consiste en la transformación de los azúcares contenidos en los frutos o vegetales en ácido láctico debido a la acción microbiana. Aunque el principal producto de la fermentación es el ácido láctico, también producen cantidades inferiores de ácido acético. Otros compuestos que aparecen en menores proporciones son alcoholes y ésteres. En ocasiones, durante la fermentación ácido-láctica se originan cantidades importantes de anhídrido carbónico e hidrógeno.

II. OBJETIVOS

Determinar el porcentaje de acidez en alimentos fermentados, utilizando procedimientos volumétricos.

III. MATERIALES Y REACTIVOS

3 Matraces Erlenmeyer 250 mL	50 mL de Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.1 N
1 Bureta de 50 mL	Indicador Fenolftaleína
1 Soportes con pinzas	Agua destilada
1 Probeta de 25 mL	
1 Pizeta	

IV. PROCEDIMIENTO

- 1.- Se mide con una probeta graduada, 5mL de muestra y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250mL de capacidad. Se adicionó 10 mL de agua destilada al matraz.
- 2.- Agregar de 2 a 4 gotas del indicador fenolftaleína al matraz. Si la muestra se torna violeta o tinte rosa al agregar el indicador, no es necesario titular.
- 3.- Colocar el matraz Erlenmeyer sobre una superficie blanca y titular con hidróxido de sodio 0.1N hasta que persista el cambio de incoloro a tinte rosa débil característico del punto de equivalencia (pH ~ 8.3).

V. CALCULOS

$$\%Acidez = \frac{V_{GASTADO(NaOH)} \times N_{Naoh} \times P_{MEQ}}{V_{MUESTRA}} \times 100$$

Donde: P_{MEQ} = Constante del ácido láctico = 0.0908
 N = Normalidad del Hidróxido de Sodio Eq-g/L
 V = Volumen de la muestra (mL)

VI. BIBLIOGRAFIA:

1. Keneth W. Witten, Química General, Mac Graw-Hill.
2. Skoog-West, Química Analítica, Mac Graw-Hill.



B.2- Encuesta que se aplicará para el Análisis Sensorial de los Vegetales Fermentados

Instrucciones para llenado de Encuestas:

1. Marque con una X en las casillas según su criterio, dando la calificación correspondiente para cada característica.

Encuesta que se aplicará para las muestras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N

	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
Color					
Olor					
Sabor					
Textura					
Apariencia					

B.3- Cuadro. 1 Relación entre medidas físicas, fisiológicas y sensoriales

Estimulo fisico (Medio estimulante)	Sistema Sensorial (Transdutor)	Sensación humana
Energia radiante	Visual	Apariencia, Color
Vibracion , tonalidad	Auditivo	Sonido
Temperatura	Termico	Caliente, Frio
Viscosidad		Espeso, viscoso
Densidad	Cinestésico	Pesado, ligero
	Táctil	
Cizallamiento		Resistente, duro, blando
Contenido de humedad	Táctil, termico	seco, mojado , humedo
Superficie aspera	Táctil	Aspero, abrasivo, dolor
Quimicos irritantes	Terminaciones nerviosas libres	Pungente, picante, dolor
Acidez total	Gustativo, táctil	Acido, agrio, dolor
Compuesto hidrosoluble	Gustativo, táctil	sabor
Compuesto en fase vapor	Olfativo	olor

B.4- Cuadro 2. El análisis sensorial en sus múltiples aplicaciones

II.Control de Calidad	Determina las pautas Sensoriales de los productos con el fin de mantener las normas comerciales
III.Desarrollo de nuevos productos	ayuda a la formulacion de nuevos o modificacion de los ya existentes
IV.Correlacion con medidas quimicas, fisicas o instrumentales	permite desrrollar calculos de propiedades sensoriales de manera mas inmediata y reproducible.
V.Percepcion humana-afectiva	sirve, en el nivel ,para comprender las propiedades sensoriales de aceptacion o rechazo.
VI.Percepcion humana-discriminativa	sirve para determinar las addicions o extracciones minimas de ingredientes.y para determinar los interrelaciones de los atributos sensoriales.
VII.Percepcion humana-fisiologia comportamiento	sirve , enel nivel analitico, para estudiar las respuestas humanas , la naturaleza fisica y quimica del estimulo.

B.5- Métodos de Evaluación Sensorial

