

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Efecto de la proporción de repollo (*Brassica oleracea*): manzana (*Malus domestica*) y del tipo de sal en las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en un producto fermentado tipo chucrut

Línea de investigación:
Tecnología postcosecha

Autor:
Aguilar Ramírez, Patrick Rinaldi

Jurado Evaluador:
Presidente: Márquez Villacorta, Luis Francisco
Secretaria: Pretell Vásquez, Carla Consuelo
Vocal: Vásquez Senador, Max Martín

Asesor:
Rodríguez Zevallos, Antonio Ricardo

Código Orcid: <https://0000-0001-5797-6635>

TRUJILLO – PERÚ
2024

Fecha de sustentación: 2024/07/24

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	2%
3	T. Rivas, J. Iglesias, J. Taboada, J. A. Vilán. "Oxidación de sulfuros en pizarra ornamental: tratamientos protectores con siloxanos", Materiales de Construcción, 2011 Publicación	2%
4	creativecommons.org Fuente de Internet	2%
5	www.fen.org.es Fuente de Internet	1%
6	actualizaf5.com Fuente de Internet	1%
7	lbtufb.lbtu.lv Fuente de Internet	1%

8

Fuente de Internet

1 %

9

www.adelgazarrapidoweb.com

Fuente de Internet

1 %

10

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1 %

11

scholar.uprm.edu

Fuente de Internet

1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos, docente del Programa de Estudio de Ingeniería en Industrias Alimentarias, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada "Efecto de la proporción de repollo (*Brassica oleracea*): manzana (*Malus domestica*) y del tipo de sal en las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en un producto fermentado tipo chucrut", autor Patrick Rinaldi Aguilar Ramírez, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 18 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (14 de noviembre de 2024).
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 14 de noviembre de 2024

Asesor: Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos

DNI: 17524134

ORCID: 0000-0001-5797-6635

Firma:



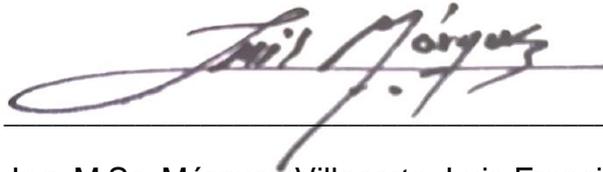
Autor: Patrick Rinaldi Aguilar Ramírez

DNI: 46419429

Firma:



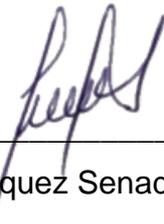
La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente jurado:



Ing. M.Sc. Márquez Villacorta, Luis Francisco
PRESIDENTE



Ing. Dra. Pretell Vásquez, Carla Consuelo
SECRETARIA



Ing. M.Sc. Vázquez Senador, Max Martín
VOCAL



Ing. Dr. Rodríguez Zevallos, Antonio Ricardo
ASESOR

DEDICATORIA

A mi madre, por haber creído en mí desde el primer momento que decidí dedicarme a esta profesión, por su amor, comprensión y su apoyo en darme las fuerzas que necesitaba para no rendirme nunca a cumplir mis objetivos, esto es un logro que va dedicado en tu honor.

A mi padre, por todo su esfuerzo, apoyo y confianza que depositó en mí para que pudiera salir adelante, gracias por todos tus cuidados y por creer siempre en mí.

A mis hermanas Ivette y Milagritos, que, con su apoyo, amor, me ayudaron a seguir adelante en cada paso de este camino difícil y arduo de la vida, gracias a ellos por sus oraciones y consejos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que ha puesto en mi camino, por haberme guiado a dedicarme a esta noble profesión y permitido alcanzar esta meta.

Un especial y sincero reconocimiento a mi asesor de tesis, Ing. Dr. Antonio Rodríguez Zevallos, por la orientación y enorme apoyo que me brindó desde el primer momento, y en cada obstáculo que pudo presentarse; gracias por la confianza que depositó en mí y sobre todo, por su paciencia.

Al Ing. Dr. Carlos Lescano, por apoyarme desde los inicios a realizar mi tesis y enseñarme todo lo necesario con respecto a la parte teórica y experimental del proyecto.

Finalmente, deseo extender mi agradecimiento a mis profesores y amigos de la carrera, por haber intervenido de muchas maneras en cada fase de esta tesis para hacerla posible.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. REPOLLO	3
2.1.1. Aspectos generales	3
2.1.2. Variedades de repollo.....	3
2.1.3. Composición.....	4
2.1.4. Importancia y usos del repollo	4
2.1.5. Producción de repollo en el Perú.....	6
2.2 MANZANA.....	6
2.2.1 Aspectos generales	6
2.2.2. Variedades de la manzana	6
2.2.3. Composición de la manzana	6
2.2.4. Importancia y usos de la manzana	7
2.2.5. Producción de manzana en el Perú.....	8
2.3. SAL	8
2.3.1. Aspectos generales	8
2.3.2. Variedades de sal.....	8
2.4. FERMENTACIÓN DE ALIMENTOS	10
2.4.1. Fermentación anaeróbica: láctica y alcohólica	10
2.4.2 Bacterias ácido lácticas (BAL)	11
2.5. PROBIÓTICOS	11
2.6. FACTORES PARA LA FERMENTACIÓN LÁCTICA DE VEGETALES	11
2.6.1. Temperatura.....	12

2.6.2. Concentración de sal (NaCl)	12
2.6.3. Anaerobiosis.....	12
2.6.4. pH.....	12
2.6.5. Tiempo.....	12
2.7. ELABORACIÓN DE CHUCRUT	12
2.7.1. Composición nutricional de chucrut.....	13
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	14
3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS	14
3.2.1. Material de investigación	14
3.2.2. Insumos.....	14
3.2.3. Reactivos.....	14
3.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS	14
3.4. METODOLOGÍA	15
3.4.1. Esquema experimental para la investigación de un producto fermentado tipo chucrut con repollo, manzana y tipo de sal (sal de mesa y sal de maras).....	15
3.4.2. Formulación para la elaboración de un producto fermentado tipo chucrut con manzana	17
3.4.3. Procedimiento experimental para la elaboración de chucrut con manzana.....	17
3.5. MÉTODO DE ANÁLISIS	21
3.5.1. pH.....	21
3.5.2. Acidez titulable	21
3.5.3. Recuento de bacterias ácido-lácticas.....	21
3.5.4. Aceptabilidad general	21
3.6. MÉTODOS ESTADÍSTICOS	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. EFECTO DE LA PROPORCIÓN MANZANA: REPOLLO Y DEL TIPO DE SAL SOBRE LA ACIDEZ TITULABLE DE UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT	24
4.2. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE EL pH DE UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT.....	26
4.3. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE EL RECuento DE BACTERIAS LÁCTICAS EN	

UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT	29
4.4. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE EL COLOR EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT	32
4.5. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE EL OLOR EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT	35
4.6. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE LA CONSISTENCIA EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT	37
4.7. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE EL SABOR EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT	39
4.8. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE LA ACEPTABILIDAD GENERAL EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT	41
V. CONCLUSIONES	43
VI. RECOMENDACIONES.....	44
VII. REFERENCIAS	45
VIII.ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Variedades de la especie <i>Brassica oleracea</i>	5
TABLA 2. Composición nutricional del repollo por 100 g de parte comestible ...	5
TABLA 3. Composición nutricional de la manzana por 100 g de parte comestible.....	7
TABLA 4. Composición nutricional de sal de mesa en 1.5 g	9
TABLA 5. Composición nutricional de sal de maras en 10 g.....	10
TABLA 6. Composición nutricional del chucrut por 100 g de parte comestible	14
TABLA 7. Formulación para elaborar el producto fermentado tipo chucrut con manzana	17
TABLA 8. Prueba de Levene para acidez titulable de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal de un producto fermentado tipo chucrut	24
TABLA 9. Análisis de varianza para la acidez titulable de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal	24
TABLA 10. Prueba de Duncan para la acidez titulable de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal	25
TABLA 11. Prueba de Levene para la acidez titulable de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal	27
TABLA 12. Análisis de varianza para el pH de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal	27
TABLA 13. Prueba de Duncan para el pH de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal	28
TABLA 14. Prueba de Levene para el recuento de bacteria lácticas de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal.....	30
TABLA 15. Análisis de varianza para el recuento de bacterias lácticas de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal.....	31

TABLA 16. Prueba de Friedman para el color de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal.....	33
TABLA 17. Prueba de Wilcoxon para el color de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal.....	33
TABLA 18. Prueba de Friedman para el olor de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal.....	35
TABLA 19. Prueba de Wilcoxon para el olor de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal.....	35
TABLA 20. Prueba de Friedman para la consistencia de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal	37
TABLA 21. Prueba de Wilcoxon para la consistencia de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal	37
TABLA 22. Prueba de Friedman para el sabor de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal.....	39
TABLA 23. Prueba de Wilcoxon para el sabor de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal.....	39
TABLA 24. Prueba de Friedman para la apariencia general de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal.....	41
Tabla 25. Prueba de Wilcoxon para el sabor de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Esquema experimental para investigación sobre la elaboración de un producto fermentado tipo chucrut-manzana.....	16
FIGURA 2. Diagrama de flujo para la elaboración de chucrut a partir de repollo y manzana.....	20
FIGURA 3. Formato de encuesta de aceptabilidad del producto	22
FIGURA 4. Acidez titulable en función de la proporción repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	23
FIGURA 5. pH en función de la proporción repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	26
FIGURA 6. Recuento de bacterias lácticas (ufc/ml) en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut	29
FIGURA 7. Color en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut	32
FIGURA 8. Olor en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut	34
FIGURA 9. Consistencia en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	36
FIGURA 10. Sabor en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut	38
FIGURA 11. Aceptabilidad general en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Valores de la acidez titulable (% ácido láctico) en el DÍA 0 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	48
ANEXO 1.1. Valores de la acidez titulable (% ácido láctico) en el DÍA 14 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	48
ANEXO 2. Valores de pH del DÍA 0 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	49
ANEXO 2.1. Valores de pH del DÍA 14 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut..	49
ANEXO 3. Valores de recuento de bacterias lácticas (ufc/ml) en el DÍA 0 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	50
ANEXO 3.1. Valores de recuento de bacterias lácticas (ufc/ml) en el DÍA 14 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	51
ANEXO 4. Calificaciones del color en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	51
ANEXO 5. Calificaciones del olor en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	52
ANEXO 6. Calificaciones de la consistencia en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	53
ANEXO 7. Fermentado final tipo chucrut (100%:0%) sal de maras y sal de mesa respectivamente.....	53
ANEXO 8. Calificaciones del sabor en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....	54
ANEXO 9. Fermentado final tipo chucrut (50%:50%) sal de maras y sal de mesa respectivamente.....	5

ANEXO 10. Calificaciones de la aceptabilidad en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.....55

ANEXO 11. Fermentado final tipo chucrut (75%:25%) sal de maras y sal de mesa respectivamente.....55

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la concentración de repollo y manzana (100%:0%, 50%:50% y 75%:25%) y del tipo de sal; sal de mesa y sal de maras (3% respectivamente) sobre el pH, acidez titulable, recuento de bacterias lácticas y aceptabilidad general en un producto fermentado tipo chucrut. La prueba de Levene demostró homogeneidad de varianza para cada variable paramétrica y el análisis de varianza indico un efecto significativo ($p > 0.05$) para las variables dependientes para el pH y acidez titulable, pero no para el recuento de bacterias lácticas. Para el análisis sensorial se trabajó con 10 panelistas semi entrenados, la prueba de Friedman demostró que no hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) y, por tanto, se realizó la prueba de Wilcoxon. Se determinó que el mejor tratamiento de esta investigación, por la importancia de las características sensoriales en un producto fermentado tipo chucrut, fue la concentración de manzana y repollo 75%:25% y sal de maras al 3%, la que se relaciona con las mejores características fisicoquímicas según las pruebas Duncan; la aceptabilidad general con la mayor moda 5 puntos correspondiendo a "me gusta". Entre sus características tenemos: pH 3.22, acidez titulable 1.23 % y recuento de bacterias lácticas 31,800 ufc/ml en chucrut.

Palabras claves: Repollo, manzana, chucrut, fermentación.

ABSTRACT

The effect of the concentration of cabbage and apple (100%:0%, 50%:50% and 75%:25%) and the type of salt was evaluated; iodized salt and maras salt (3% respectively) on the pH, titratable acidity, lactic acid bacteria count and general acceptability in a sauerkraut type fermented product. Levene's test demonstrated homogeneity of variance for each parametric variable and the analysis of variance indicated a significant effect ($p > 0.05$) for the dependent variables pH, titratable acidity, and lactic bacteria count. For the sensory analysis, we worked with 10 semi trained panelists, the Friedman test showed that there was no significant difference ($p \leq 0.05$) and, therefore, the Wilcoxon test was performed. It was determined that the best treatment in this research, due to the importance of the sensory characteristics in a sauerkraut-type fermented product, was the concentration of apple and cabbage 75%:25% and Maras salt at 3%, which is related to the best characteristics. Physicochemical tests with Duncan tests; general acceptability with the highest fashion 5 points corresponding to "I like it", Among its characteristics we have: pH 3.22, titratable acidity 1.23% and lactic bacteria count 31,800 ufc/ml in sauerkraut.

Keywords: Cabbage, apple, sauerkraut, fermentation.

I. INTRODUCCIÓN

El chucrut (col agria) es la más antigua forma de conservar el repollo o col para la alimentación humana; se tiene registro de su existencia desde el siglo IV a.C.; en China, fue alimento de los obreros que construyeron la Muralla, y en Europa, de los marineros en los barcos del explorador James Cook, para prevenir el escorbuto en largas travesías (Raak, Ostermann, Boehm y Molsberger, 2014).

El hombre ha aprovechado la acidificación espontánea de alimentos vegetales, que se inicia en ausencia de aire, para su transformación y conservación. La aplicación más extendida y conocida de dichos procesos es la obtención de chucrut. El chucrut se obtiene por fermentación láctica espontánea del repollo, y uno de los beneficios más importantes que provee a la salud humana, es el impulso que da al sistema inmunológico. Repleto de vitaminas y minerales, el chucrut se ha utilizado como un refuerzo inmunológico por siglos. Uno de los nutrientes más cotizados en el mundo son los probióticos naturales contenidos en algunos alimentos fermentados. Sin embargo, es importante anotar que el chucrut que se elabora comercialmente ha perdido su propiedad probiótica al ser sometido a procesos como la pasteurización y, porque, además, suele tener altos contenidos de sal y otros aditivos alimenticios permitidos (Beganović y otros, 2014).

Desde un punto de vista nutricional, las verduras de la familia *Brassica*, o coles, son ricas en hidratos de carbono, fibra y vitamina C; pero, además, contienen compuestos fenólicos y glucosinolatos, característicos de este grupo de verduras y que son los responsables del olor típico de las coles y están asociados a sus propiedades protectoras contra el cáncer (Carbajal, 2018).

Las frutas y hortalizas fermentadas aportan beneficios para la salud, son de un procesamiento sencillo de bajo costo, garantizan la inocuidad y la seguridad, generan cambios positivos en la concentración o composición de nutrientes (vitaminas, aminoácidos, péptidos bioactivos o fitoquímicos) y en los atributos sensoriales. Por su composición, la manzana es un buen complemento del repollo para el desarrollo de un producto tipo chucrut-manzana, con características mejoradas y diferentes.

El empleo de repollo y manzana, en la elaboración de un alimento fermentado ácido-láctico favorecería a los consumidores con un producto atractivo, de características sensoriales aceptables, bajo costo, fácil proceso de elaboración y mínimo consumo de energía, que, además, aportaría a su salud.

La composición nutritiva y otras características del repollo y de la manzana, se complementan (USDA, 2021), por lo que mezclas de ambos vegetales, como base de partida para una fermentación láctica, pueden originar un alimento acidificado tipo chucrut, con mayor parte de repollo, con propiedades probióticas. No se ha encontrado información científica documental sobre la fermentación láctica tipo chucrut, con reemplazo parcial del repollo por alguna otra hortaliza o fruta; solamente existen publicaciones en archivos de videos sobre la elaboración casera de fermentación láctica tipo chucrut, de repollo con mezclas de: manzana verde (Yo soy fermentista, 2018; Pasión natural, 2020), manzana y menta (Ortiga, 2019).

Ante lo expuesto, el presente estudio tuvo como finalidad identificar la proporción de manzana/repollo y el tipo de sal más adecuada para obtener las mejores características fisicoquímicas, microbiológicas y de aceptabilidad general del producto fermentado tipo chucrut, con un contenido alto de probióticos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. REPOLLO

2.1.1. Aspectos generales

El repollo era cultivado por los egipcios desde el 2500 a.C. Actualmente se cultiva en todo el mundo, siendo los principales países productores China, India, Rusia y Corea. Cerca del 65% de la producción se obtiene en Asia (FAO, 2015).

La planta del repollo es bianual, pero se cosecha durante el primer año, cuando su tallo corto, sobre el que se disponen las hojas cerca de la yema terminal, conformando de esta forma el cogollo o cabeza, ha obtenido un tamaño y textura comercial. Si la planta se mantiene en campo un año más, el tallo trepa y surgen las flores, de color amarillo y en racimos (García, 2016).

El repollo forma parte de la familia de las crucíferas. El color del repollo es generalmente blanco con tonalidades verdosas, incluyendo verde azulado y grisáceo. Hay también repollos de hojas rojas o púrpura. El repollo de tipo Savoy, que se distingue por sus hojas bastante arrugadas, pertenece a la misma especie, pero a una variedad botánica diferente (*B. oleracea* L. var. *sabauda*). En cuanto a la forma de la cabeza del repollo, hay tres tipos principales: redonda, ovalada o achatada (Fornaris, 2016).

2.1.2. Variedades de repollo

Las diferentes variedades de repollo se catalogan en función de la época de recolección o cosecha, que es entre los 70 a 100 días después del transplante. Las variedades clásicas de repollo se van reemplazando por novedosas variedades híbridas, que son más fructíferas y resistentes a determinadas patologías.

Los repollos o coles pertenecen a la Especie *Brassica oleraceae*, Género *Brassica* de la Familia *Cruciferae* o *Brassicaceae*. En la Tabla 1 se muestra de forma general las variedades de la especie *Brassicca oleraceae*, una de las cuales es la que corresponde a los repollos o coles, que tiene tres sub-variedades o grupos: blanca/verde, morada/roja y rizada/crespa.

En Trujillo uno de los cultivares de repollo blanco/verde más difundidos es el Oxheart (Corazón de buey), que es semi-precoz y de cabeza mediana, de color verde grisáceo en las hojas externas, y forma de corazón, que se cultiva durante todo el año. Su clasificación botánica es la siguiente:

- Familia: Cruciferae o Brassicaceae
- Género: Brassica
- Especie: Oleraceae
- Variedad: Capitata capitata
- Cultivar: Oxheart
- Nombre científico: *Brassica oleraceae var Capitata capitata*
- Nombre común o vulgar: repollo o col

2.1.3. Composición

Son ricos en potasio, calcio, magnesio cuidando el sistema nervioso y óseo, además colabora en mantener el equilibrio del agua dentro y fuera de la célula. También favorece el funcionamiento del intestino y la salud de los dientes o de los huesos. Además, tiene un ligero efecto laxante. (Diario ABC, 2020)

En la Tabla 2, se presenta la composición nutricional del repollo tomando como base 100 gramos de parte comestible.

2.1.4. Importancia y usos del repollo

El repollo es fuente de nutrientes, como vitaminas, minerales, fibras prebióticas y fitoquímicos bioactivos, incluidos ácidos fenólicos, flavonoides, fitoestrógenos y péptidos bioactivos. Las hortalizas fermentadas, dentro de ellas el chucrut o col ácida, aportan beneficios para la salud, son de un procesamiento sencillo, de bajo costo, garantizan la inocuidad y la seguridad, generan cambios positivos en la concentración o composición de nutrientes (vitaminas, aminoácidos, péptidos bioactivos o fitoquímicos) y en los atributos sensoriales. Son parte de una dieta rica en vegetales, que, además de nutrientes, tiene componentes que reducen los riesgos de enfermedades relacionadas con la edad, patologías inflamatorias o trastornos metabólicos (Torres y otros, 2020).

Tabla 1. Variedades de la especie *Brassica oleracea*

Acephala	Berza
Capitata	Repollo
capitata/alba	blanco/verde
Capitata	Repollo
saboada	rizado/crespo
Capitata	Repollo
grapa	morado/rojo
	Coliflor
Botrytis	Brócoli

Fuente: Adaptado de Lema y Soengas (2016)

Tabla 2. Composición nutricional del repollo por 100 g de parte comestible

COMPONENTE	CANTIDAD
Energía (kcal)	25
Agua (g)	92.18
Proteínas (g)	1.28
Grasa total (g)	0.1
Carbohidratos (g)	5.8
Azúcares, total (g)	3.2
Fibra dietaria, total (g)	2.5
Cenizas (g)	0.64
Potasio (mg)	170
Calcio (mg)	40
Fósforo (mg)	26
Sodio (mg)	18
Magnesio (mg)	12
Hierro (mg)	0.47
Vitamina C (mg)	36.6
Colina (mg)	10.7
Niacina (mg)	0.234
Vitamina B-6 (mg)	0.124
Caroteno (mg)	0.075
Tiamina (mg)	0.061
Riboflavina (mg)	0.04

Fuente: USDA (2022)

2.1.5. Producción de repollo en el Perú

En el Perú se puede obtener repollo fresco durante todo el año. En las condiciones de costa central, se puede sembrar repollo sin mayores problemas durante los meses de otoño-invierno, es decir, entre abril y setiembre. El departamento de Lima, con sus valles de Chancay, Huaral, Cañete y Lurín, es el primer productor de repollo, por tener un clima apropiado y ser el lugar donde se comercializa la mayor parte de la producción. Los principales departamentos productores de repollo son: Lima, La Libertad, Arequipa, Amazonas, Junín, Tacna, Huánuco y Lambayeque. La producción de repollo del Perú fue de 33,171 ton, siendo Lima (11,013 ton) y La Libertad (6,479 ton) las principales regiones productoras ((INEI, 2021).

2.2 MANZANA

2.2.1 Aspectos generales

La manzana es originaria de las zonas templadas de Europa, el oeste del Turkestán y el suroeste y centro de Asia. Es un fruto que se consume desde hace muchísimo tiempo. En Suiza e Italia parece haber evidencias de manzanas de hace unos 4,500 años (Guzmán, 2014).

2.2.2. Variedades de la manzana

La manzana es un fruto que está disponible en los mercados en todo el año. Existen diversas variedades, pero las que resaltan son las más conocidas como: Red delicious, Golden delicious, Gala, Braeburn, Granny Smith y Winter (Guzmán, 2014).

2.2.3. Composición de la manzana

La manzana es un fruto nutritivo, completo y enriquecedor en la ingesta de alimentos humana, en su dieta diaria. Está compuesto de un 85% de agua; posee azúcares como fructosa y en menor proporción por glucosa y azúcar de instantánea asimilación en el organismo; es fuente de vitamina E. Las extraordinarias características se deben gracias a sus recursos fitoquímicos, flavonoides, quercitina y antioxidantes (Hernández, 2014). La composición nutritiva y otras características del repollo y de la manzana, se complementan, por lo que mezclas de ambos vegetales, como base de partida para una

fermentación láctica, puede originar un alimento tipo chucrut, con mayor parte de repollo, con propiedades probióticas apropiadas. (Torres y otros, 2020).

La Tabla 3 presenta la composición nutricional de este fruto hidratante y refrescante.

2.2.4. Importancia y usos de la manzana

La manzana es rica en fibra, vitamina C y diferentes antioxidantes. También es una fruta que llena mucho, pese a su bajo contenido calórico. Las manzanas están compuestas principalmente de hidratos de carbono y agua, y son ricas en azúcares simples, como la fructosa, glucosa y sacarosa. A pesar de que tiene muchos carbohidratos y azúcar, el índice glucémico es bajo (de 29 a 44). El índice glucémico es una medida que indica como los alimentos influyen en los niveles de glucosa en sangre. Cuando un alimento tiene niveles bajo de índice glucémico se asocia a mayores beneficios para la salud (Guzmán, 2014).

Tabla 3. Composición nutricional de la manzana en 100 g de parte comestible

COMPONENTE	CANTIDAD
Energía (kcal)	52
Agua (g)	85.56
Proteínas (g)	0.16
Grasa total (g)	0.17
Carbohidratos (g)	13.81
Azúcares, total (g)	10.39
Fibra dietaria, total (g)	2.4
Cenizas (g)	0.3
Potasio (mg)	107
Calcio (mg)	6
Fósforo (mg)	11
Sodio (mg)	1
Magnesio (mg)	5
Hierro (mg)	0.12
Vitamina C (mg)	4.6
Colina (mg)	3.4
Niacina (mg)	0.091
Vitamina B-6 (mg)	0.041
Caroteno (mg)	0.0727
Tiamina (mg)	0.017
Riboflavina (mg)	0.026

Fuente: USDA (2022)

Los frutos de manzana han sido utilizados mayormente como materia prima en fermentaciones comerciales alcohólicas y acéticas; sin embargo, como fermentación láctica en jugos de manzana, se reportan algunos estudios, pero hay escasa información publicada sobre esta fermentación a partir del fruto entero. (Torres y otros, 2020).

2.2.5. Producción de manzana en el Perú

En el Perú la manzana se cosecha en todos los meses del año, pero en los meses que tiene un crecimiento notable en su producción son los meses: Febrero, Marzo y Abril. El departamento que destaca es Lima (82.1%), luego Ancash (5.7%), Apurímac (2.0%), Tacna (1.8%) y otros (8.4%) (SIEA, 2019).

2.3. SAL

2.3.1. Aspectos generales

La sal es denominada también como cloruro sódico, cuya fórmula química es NaCl, la sal es el condimento más antiguo usado por el hombre y su importancia para la vida. Es posible que el primer tratado conocido sobre la sal apareciera publicado en China por el 2700 a.C. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020).

2.3.2. Variedades de sal

Hay distintos tipos de sal: Sal de mar (extraída del agua marina en salinas mediante evaporación), sal negra (poco refinada procedente de India), Sal ahumada (empleada como condimento debido con un fuerte olor a ahumado), Sal glutamato monosódico (extraída de algas y trigo, realza el sabor de los alimentos), Sal Kosher (sal pura empleada tradicional mente por los judíos para la salazón de algunos alimentos), Sal de apio (mezcla de sal y semillas de apio trituradas), Gomashio (mezcla de sal y semillas de sésamo muy típica de la cocina japonesa), Sal Morton (baja en sodio, es una mezcla de sal común con cloruro de potasio) y Sal de mesa (mezcla de sal común con yoduro sódico) entre otras. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020).

2.3.2.1. Sal de mesa

Sal de mesa y fluorada de venta directa para consumo humano, refinada, de granulo fino y uniforme, con o sin adición de antihumectantes. (DIGESA, 2020).

En la tabla 4. Se menciona la composición nutricional de la sal de mesa o sal común.

Tabla 4. Composición nutricional de sal en 1.5 g

COMPONENTE	% valor diario	
Energía	0 kcal	% 0 KJ
Grasas total	0 g	0 %
Grasas saturadas	0 g	0 %
Carbohidratos	0 g	0 %
Azúcares totales	0 g	0 %
Proteína	0 g	0 %
Sodio	590 mg	26%
Yodo	30 – 40 mg/kg	
Flúor	200 – 250 mg/kg	

Fuente: DIGESA (2020)

2.3.1.2. Sal de maras

Los cristales de sal andina tienen estructura cristalina equilibrada, bastante ramificada el cristal no se separa de los elementos minerales constitutivos, por el contrario, se relacionan armoniosamente. La sal andina, está sin contaminación debido a que en estos sedimentos de vaporizaciones está capturada la energía fotónica del sol. (Inkanat, 2018).

2.3.1.2.1. Beneficios

La Sal de Maras o Sal Rosada es muy recomendable para cuidar nuestra salud, pues tiene propiedades cicatrizantes, desinflamantes y es propicia para regular la presión arterial gracias a su baja concentración de cloruro de sodio. También: contiene 84 minerales orgánicamente activos y asimilables por las células, mejora la asimilación de los nutrientes de los alimentos que consumimos, estimula el sistema de auto defensa del organismo, evita la putrefacción intestinal, disuelve y elimina los sedimentos que forman arenillas y cálculos, alivia las enfermedades de la piel (acné, eczemas, manchas, etc.) desde adentro hacia afuera. (Inkanat, 2021).

Tabla 5. Composición nutricional de sal de maras en 10 g

COMPONENTE	CANTIDAD
Calcio	38.0 mg
Zinc	0.13 mg
Magnesio	0.70 mg
Potasio	34.18 mg
Sodio	1.24 mg

Fuente: Ficha Técnica de SANTA NATURA

2.4. FERMENTACIÓN DE ALIMENTOS

La fermentación es un término general, para un proceso de naturaleza bioquímica, que indica la degradación aeróbica o anaeróbica de un substrato orgánico a diversos productos, por la acción de levaduras y algunas bacterias que producen enzimas para realizar dicha función y obtener energía en forma de ATP (Trifosfato de adenosina) (Apaza, 2016; Benavidez, 2019).

2.4.1. Fermentación anaeróbica: láctica y alcohólica

La fermentación láctica es uno de los procesos más empleados para la conservación de alimentos, que se realiza por bacterias, en un ambiente sin presencia de aire (oxígeno). Su efectividad se relaciona con la formación de metabolitos, ácidos orgánicos (principalmente ácido láctico), dióxido de carbono y bacteriocinas, en combinación con un descenso en la actividad de agua (Benavidez, 2019).

La fermentación alcohólica es un proceso bioquímico para la obtención de etanol, dióxido de carbono en forma de gas y moléculas de trifosfato de adenosina (ATP), a partir de un hidrato de carbono simple (glucosa, fructosa y azúcares simples similares) por acción de levaduras, en un ambiente anaeróbico (Benavidez, 2019).

2.4.2 Bacterias ácido lácticas (BAL)

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) son microorganismos Gram positivos, mesófilos con temperaturas de crecimiento entre 20 y 60°C y pH entre 4.0 y 6.5.

El proceso fermentativo generalmente es anaerobio (Benavidez, 2019).

Según la fermentación de la glucosa, las BAL pueden ser homofermentativas y heterofermentativas. El grupo homofermentativo, compuesto por *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus* y *Streptococcus*, utiliza la ruta Embden-Meyerhoff-Parnas (EMP) al convertir 1 mol de glucosa en dos moles de ácido láctico, además de que produce más del 85% de ácido láctico a partir de glucosa. Las BAL heterofermentativas producen solamente 50% de ácido láctico; fermentan 1 mol de glucosa para formar 1 mol de ácido láctico, 1 mol de etanol y 1 mol de CO₂; un mol de ATP es generado por mol de glucosa. Este grupo está compuesto por un número de géneros que incluyen: *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* y *Pediococcus* (Almanza y Barrera, 1991).

2.5. PROBIÓTICOS

Los prebióticos son microorganismos vivos cuya ingesta, en cantidades adecuadas y en forma sostenida en el tiempo, es beneficiosa para la salud del ser humano. Los probióticos son alimentos o suplementos que contienen microorganismos vivos destinados a mantener o mejorar las bacterias "buenas" (microbiota normal) del cuerpo (Gonzales, 2019). En la fermentación de carbohidratos, los probióticos homolácticos utilizan el glicólisis o vía Embden – Meyerhoff – Parnas (EMP) y fermentan predominantemente las hexosas en ácido láctico, mientras que los probióticos heterolácticos, carecen de la enzima aldolasa, por lo que son incapaces de realizar los glicólisis y, en lugar de esta, usan la vía de la fosfoacetolasa para fermentar las hexosas a ácido láctico y otros productos como etanol y ácido acético (Orozco, 2011).

2.6. FACTORES PARA LA FERMENTACIÓN LÁCTICA DE VEGETALES

Una adecuada fermentación láctica requiere que se encuentre la materia orgánica en inmejorables condiciones, que los materiales a utilizar estén previamente desinfectados para evitar cualquier tipo de contaminación cruzada, y que el medio de la fermentación sea favorable para el desarrollo del producto

final. Los factores que intervienen en la fermentación son: temperatura, concentración de sal (cloruro de sodio, NaCl), anaerobiosis, pH, tiempo, (Filiberto, Alarcón, Toledano, Ordoñez y Pérez, 2016).

2.6.1. Temperatura

La temperatura es un factor importante, porque si son altas aceleran el desarrollo de BAL y disminuyen el tiempo de la fermentación. Se recomienda trabajar a temperaturas entre 20 y 25 °C, al medio ambiente (Filiberto y otros, 2016).

2.6.2. Concentración de sal (NaCl)

En el chucrut se añade el cloruro de sodio seco a las hojas de repollo frescas, cortadas en tiras, y se prensa; esto hace que se libere líquido presente en ellas y se acondicione el medio para el crecimiento de BAL; se recomienda añadir del 2 al 3% de sal, para inhibir microorganismos indeseables; se recomienda también con frecuencia 2.25, 2.5 y 3% (Filiberto y otros, 2016).

2.6.3. Anaerobiosis

La fermentación láctica se debe desarrollar en ausencia de oxígeno, con el uso de algún método que evite el contacto con el aire y deje salir el CO₂ que se produce durante el proceso (Filiberto y otros, 2016).

2.6.4. pH

Los diferentes niveles de pH determinan el tipo de reacciones químicas y biológicas en un alimento. Algunos microorganismos como los hongos crecen y se desarrollan a pH bajos mientras que las bacterias necesitan los valores más altos para proliferar. El chucrut acaba cuando alcanza rangos de pH entre 3.1 y 3.7 (Filiberto y otros, 2016).

2.6.5. Tiempo

La fermentación láctica del chucrut se realiza en un tiempo aproximado de 14 a 21 días (Filiberto y otros, 2016).

2.7. ELABORACIÓN DE CHUCRUT

El proceso del chucrut, comienza con el lavado de la col y continúa con el cortado, salado y prensado. Seguidamente se coloca la mezcla en frascos o contenedores, con elementos apropiados en la superficie para mantener

permanentemente la anaerobiosis. En este momento se inicia la fermentación, que puede durar varias semanas. Una vez obtenido el producto, este se envasa, se almacena y se distribuye (Touret, Oliveira y Semedo-Lemsaddek, 2018).

2.7.1. Composición nutricional de chucrut

El chucrut es rico en potasio, calcio y magnesio, por lo que su consumo cuida el sistema nervioso y óseo, además que colabora en el mantenimiento del equilibrio del agua dentro y fuera de la célula (Carreon, 2020). La Tabla 6 muestra la composición nutricional del chucrut.

Tabla 6. Composición nutricional de chucrut en 100 g de parte comestible

COMPONENTE	CANTIDAD
Energía (kcal)	39
Agua (g)	90.3
Proteínas (g)	0.9
Grasa total (g)	2.51
Carbohidratos (g)	4.16
Azúcares, total (g)	1.72
Fibra dietaria, total (g)	3.8
Cenizas (g)	2.13
Potasio (mg)	165
Calcio (mg)	30
Fósforo (mg)	20
Sodio (mg)	661
Magnesio (mg)	13
Hierro (mg)	1.42
Vitamina C (mg)	12.8
Colina (mg)	10.6
Niacina (mg)	0.139
Vitamina B-6 (mg)	0.162
Caroteno (mg)	0.024
Tiamina (mg)	0.02
Riboflavina (mg)	0.022

Fuente: USDA (2021)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

3.2.1. Material de investigación

- Los repollos, variedad corazón de buey. Fueron adquiridos del mercado la Hermelinda de la provincia de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Las manzanas, variedad Winter. Fueron adquiridos del mercado la Hermelinda de la provincia de Trujillo, región La Libertad, Perú.

3.2.2. Insumos

- Sal de mesa. Marca Emsal, fue adquirida del supermercado Plaza Vea de la provincia de Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Sal de maras, Marca Marasal, fue adquirida de la tienda natural y orgánica MAYA de la provincia de Trujillo, región La Libertad, Perú.

3.2.3. Reactivos

- Fenoltaleína al 1%
- Hidróxido de sodio 0.25 N
- Hidróxido de sodio 1N
- Hidróxido de sodio 0.20 N
- Agua destilada
- Agar MRS (de Man, Rogosa y Sharpe)

3.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- pH metro. Marca Mettler Toledo. Rango de 0 a 14
- Estufa Venticell. Marca MMM Group. Modelo UNE-300. Rango 20-180 °C. Precisión 0.5 °C
- Balanza analítica. Marca A&D Company Limited. Modelo GR-200. Capacidad 0 - 200 g, sensibilidad aprox. 0.0001 g.

- Balanza de precisión. Marca Ohaus. Modelo IAJ602. Capacidad 0-600 g, sensibilidad aprox. 0.01 g.

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Esquema experimental para la investigación de un producto fermentado tipo chucrut con repollo, manzana y tipo de sal (sal de mesa y sal de maras).

En la figura 1, se muestra el esquema experimental que tiene como variables independientes el tiempo de fermentación y la proporción repollo: manzana (100% - 0% 50% - 50 % y 75% - 25%) y el tipo de sal, las variables dependientes son el pH, acidez, recuento de bacterias ácido lácticas y aceptabilidad general en el producto fermentado tipo chucrut con manzana).

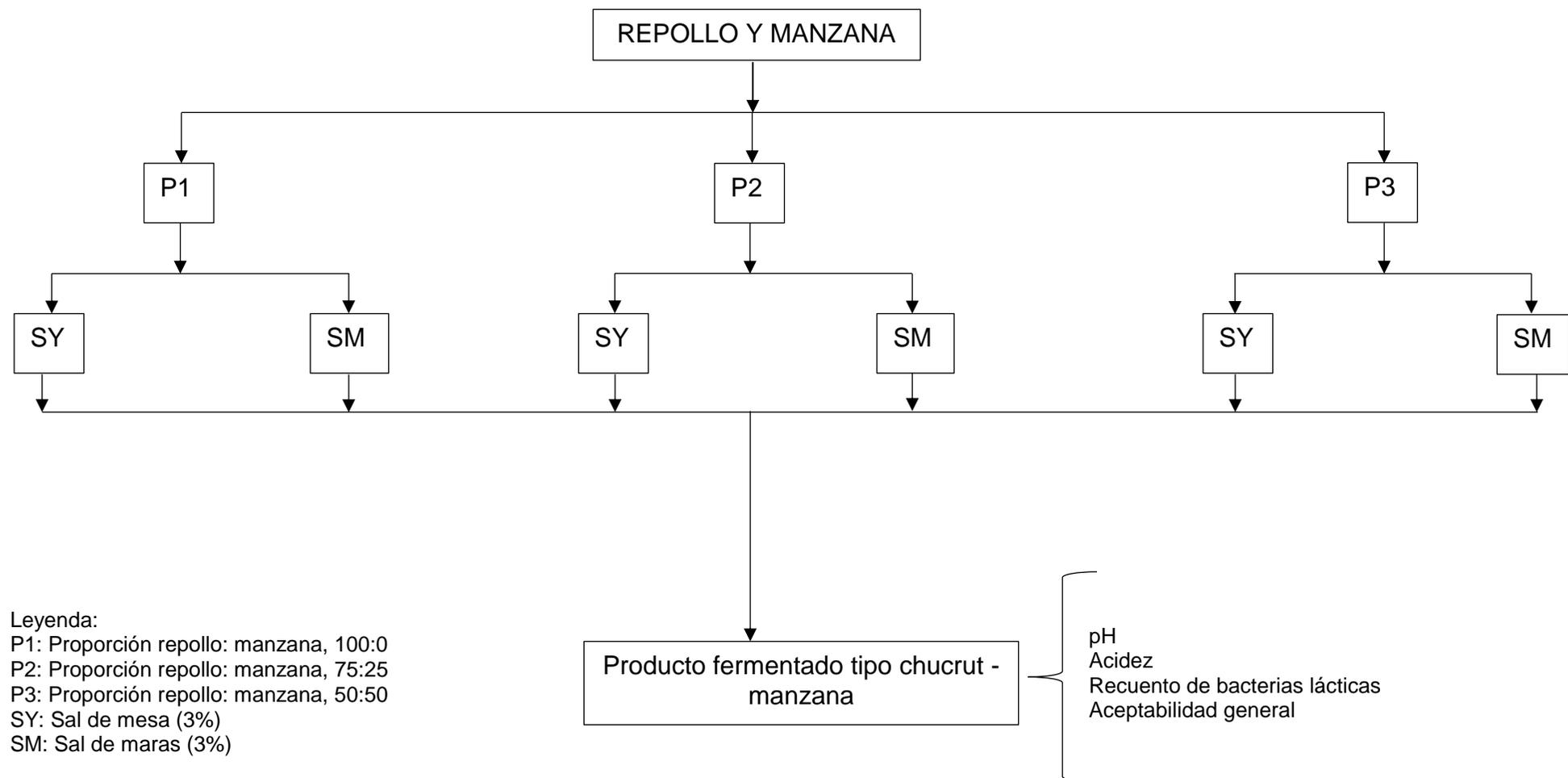


Figura 1. Esquema experimental para investigación sobre la elaboración de un producto fermentado tipo chucrut-manzana

3.4.2. Formulación para la elaboración de un producto fermentado tipo chucrut con manzana

Formulaciones para la investigación de la elaboración de un producto fermentado tipo chucrut con manzana.

En la tabla 7, se presenta la formulación para elaborar el producto fermentado tipo chucrut con manzana

Tabla 7. Formulación para elaborar el producto fermentado tipo chucrut con manzana

CONCENTRACIÓN	100/0	75/25	50/50
REPOLLO	97.09	72.82	48.545
MANZANA	0.00	24.27	48.545
SAL	2.91	2.91	2.91
TOTAL	100.00	100.00	100.00

3.4.3. Procedimiento experimental para la elaboración de chucrut con manzana

En la figura 2, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de un fermentado tipo chucrut con manzana, cuyas etapas se describen a continuación:

- **Recepción.** Se verificó que el repollo y la manzana estén sanos, enteros, frescos, con su color característico, textura uniforme y un estado de madurez de consumo.
- **Lavado.** La superficie, de cada una de las cabezas de repollo, se lavó con agua potable corriente y se eliminaron, si es necesario, las primeras hojas externas y las deterioradas. Con las manzanas, se sigue el mismo procedimiento de lavado que con el repollo, adaptando las operaciones apropiadamente.

- Partido y descorazonado. Para el repollo, con un cuchillo se procedió a partir el repollo para descartar el tronco leñoso que tiene este vegetal. En el caso de la manzana, con un cuchillo se dividió en mitades y se retiró las semillas y el tejido que se encuentran en el centro del fruto.
- Cortado. Las hojas del repollo se cortaron, con cuchillo, en delgadas tiras de alrededor de 0.2 cm de ancho. Las manzanas se cortaron primero en rodajas de 0.1 cm y luego en piezas de 0.1 cm de espesor.
- Mezclado. Las hojas de repollo y la manzana cortadas se mezclaron de acuerdo a las proporciones (m: m) consideradas en la investigación. El depósito en el cual se realizó la mezcla debe ser de material adecuado para no alterar el proceso de fermentación posterior.
- Salado - Estrujado. A la masa total repollo-manzana se le añadió 3% (m/m) de cloruro de sodio (sal común) molido, que se mezcló manualmente, con el fin de que exista un contacto uniforme entre la col, la manzana y la sal. A la acción de mezclado lo acompaña una compresión manual o estrujada, aplicada continuamente a la masa de repollo y manzana, para que liberen sus componentes líquidos, al mezclarse con la sal y los microorganismos provenientes de los vegetales involucrados, cubriendo totalmente al material sólido, darán inicio a la fermentación.
- Fermentado. Se realizó en baldes de plástico con sus respectivas tapas previamente desinfectados, u otro material apropiado que no afecte la salud humana, la transformación de los azúcares principalmente en ácido láctico, y que no altere los componentes deseados de nutrientes y de atributos sensoriales que poseen los materiales biológicos iniciales o los que se van generado en el proceso. Los recipientes de fermentado fueron cubiertos con una tapa sólida, con bolsas llenos de agua, de un peso suficiente para mantener a los sólidos debajo de la superficie del líquido de fermentación natural, proveniente de los jugos celulares del repollo y de la manzana, creando así las condiciones anaeróbicas que requiere la fermentación láctica. Los baldes fueron cubiertos por tapas de plásticos flexible que permita la acumulación y retiro periódico del dióxido de

carbono que se produce. El número de baldes deben ser de acuerdo al número de tratamientos de ingredientes repollo: manzana, considerando tres réplicas. A los 0 y 14 días, se retiró de los baldes mediante los caños adicionados la muestra en cantidad suficiente (unos 200 g, con líquido de cobertura) para las determinaciones físico-químicas y microbiológicas consideradas en la investigación.

- Llenado-Envasado. A cada tiempo considerado en la investigación, se utilizó baldes aproximadamente 10L, con su respectivas tapas. También se le adicionó un caño al final del balde para la obtención de las muestras y analizar para sus respectivos análisis fisicoquímicos. Mencionando lo anterior, se colocó la mezcla de repollo y manzana; ejerciendo una presión con una bolsa lleno de agua, donde se tapó el balde y se cubrió con bolsas negras para evitar la luz.
- Almacenado. Los baldes fueron colocados en un espacio cubiertos con bolsas negras a temperatura de ambiente, durante 14 días.

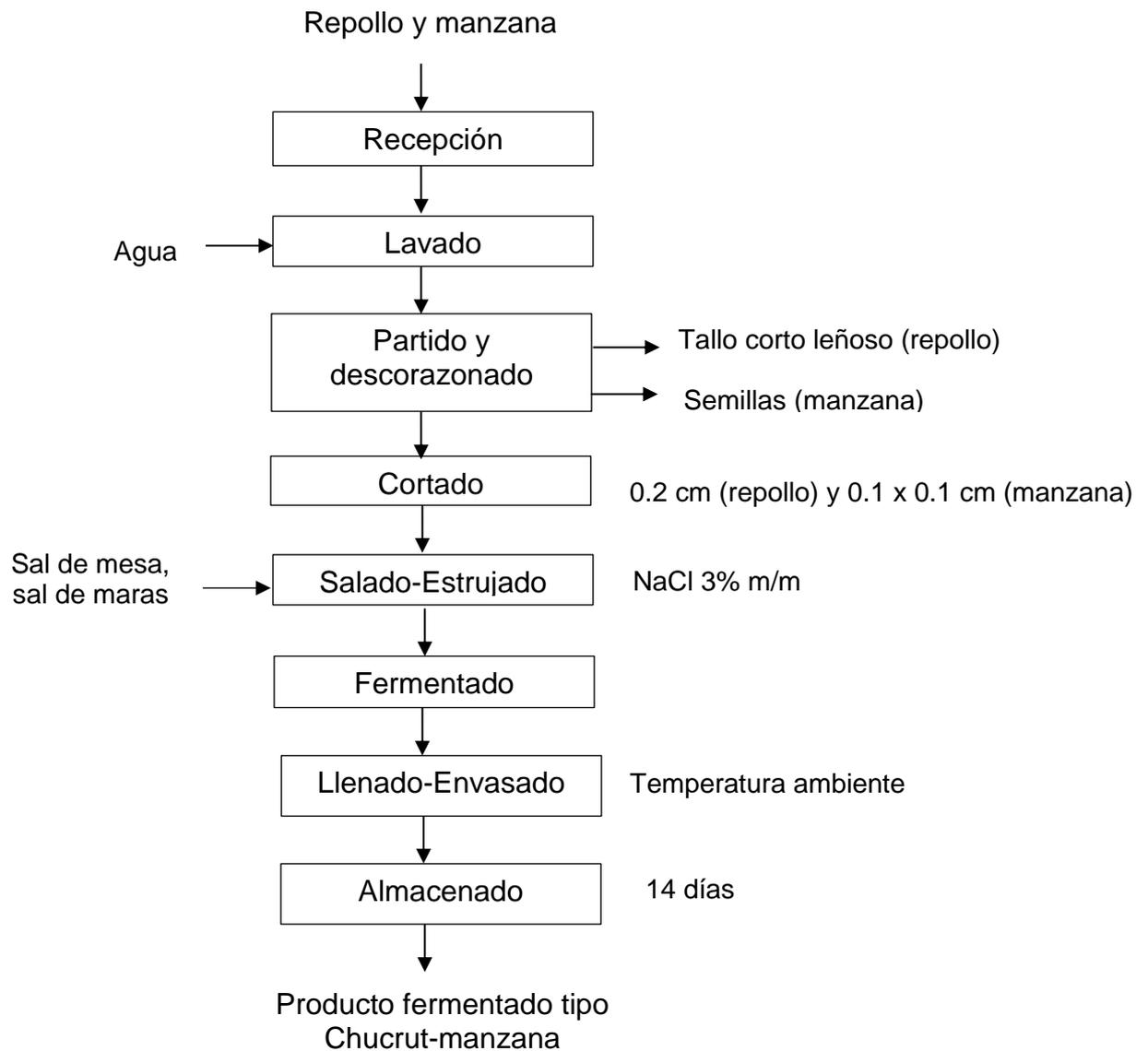


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de chucrut a partir de repollo y manzana

3.5. MÉTODO DE ANÁLISIS

3.5.1. pH

El pH se determinó utilizando un pH metro de mesa marca Mettler Toledo. La muestra de 50 mL de líquido de chucrut, se colocó en un vaso de precipitación y se midió con el pH-metro. El pH se mide por triplicado (AOAC, 2000).

3.5.2. Acidez titulable

Se utilizó el método AOAC (2000) para determinar la acidez titulable con una muestra de 20 mL de líquido del producto en el fermentador, en un vaso de precipitación, se le añadió tres gotas de fenolftaleína y con una bureta cargada con NaOH 0.25 N se tituló la muestra con el valor de NaOH de final de la titulación, se calculó la acidez total, expresada en ácido láctico, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{V_{\text{NaOH}} * N_{\text{NaOH}} * \text{meq ácido} * 100}{V_{\text{muestra}}}$$

Donde:

V NaOH = volumen de NaOH usado para la titulación (mL)

N NaOH= normalidad del NaOH

Meq ácido= miliequivalentes de ácido láctico: 0.09

V= volumen de muestra (mL)

Las pruebas se realizaron por triplicado.

3.5.3. Recuento de bacterias ácido-lácticas

El producto se diluyó de manera secuencial desde 10^{-1} hasta 10^{-2} , para ello se adicionó 10 mL de muestra en 90 mL de agua peptonada 1% (p/v). Con el apoyo de varillas de vidrio estériles se distribuyó 0.1 mL de cada dilución en el agar MRS (Man, Rogosa y Sharpe) por duplicado.

Luego se llevó a incubar a 37°C por 48 horas en condiciones de microaerofilia (5% O₂) en una jarra Gaspak, con sobres generadores de condiciones anaerobias (Ramírez y Vélez, 2016).

3.5.4. Aceptabilidad general

Para esta prueba los productos fermentados tipo chucrut se sometieron a un análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad general en cada muestra, mediante una escala hedónica de 5 puntos donde 1: Me gusta, 2: Me gusta poco, 3: No me gusta ni me disgusta, 4: Me disgusta poco, 5: Me disgusta. Las muestras se evaluaron con 10 panelistas semi entrenados (Anzáldua-Morales, 2005; Filiberto y otros, 2006; Al-sayed y Ahmed, 2013). La evaluación del producto se realizó en dos sesiones debido a que no es recomendable hacer degustar más de 5 muestras a un panelista, ya que puede causar saturación en los sentidos. Es por eso que no se recomienda que los jueces evalúen más de 6 o más muestras, siendo el óptimo 4 para una misma sesión (Torricella, Zamora y Pulido, 2007). Ver figura 3.

PRUEBA DE ACEPTABILIDAD GENERAL DE UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT						
Nombre:			Fecha:			
Instrucciones: Pruebe el producto fermentado tipo chucrut que se le ha proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (x) en el casillero correspondiente, de acuerdo con el nivel de agrado o desagrado que le produzca.						
	Muestras					
Escala	349	512	416	597	622	813
Me gusta	----	-----	-----	-----	-----	-----
Me gusta poco	-----	-----	-----	-----	-----	-----
No me gusta ni me disgusta	-----	----	-----	-----	-----	-----
Me disgusta poco	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Me disgusta	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Comentarios: _____						

Figura 3. Formato de encuesta de aceptabilidad general del chucrut.

3.6. MÉTODOS ESTADÍSTICOS

El método estadístico correspondió a un diseño completamente aleatorizado de dos factores (proporción repollo: manzana y tipo de sal), con 3 réplicas. Para las variables paramétricas: pH, acidez titulable y recuento de bacterias lácticas, se empleó la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas, posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANVA), y a continuación, al existir diferencias significativas ($p \leq 0.05$) se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos y se determinó de esta manera el mejor tratamiento. El color, olor, consistencia, sabor y aceptabilidad general fueron evaluados mediante las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon (grupos relacionados). Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software R 4.3.1 con los paquetes "agricolae" y "car".

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DE LA PROPORCIÓN MANZANA: REPOLLO Y DEL TIPO DE SAL SOBRE LA ACIDEZ TITULABLE DE UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT

En la figura 4, se muestra la acidez titulable en función de la proporción manzana: repollo y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut; observándose que al aumentar la proporción de manzana en el fermentado tipo chucrut los valores de acidez titulable disminuyeron, siendo menores con el uso de sal tipo maras, los valores estuvieron en el rango de 1.23 a 1.63%. Los datos de la acidez titulable del producto fermentado tipo chucrut se encuentran en el Anexo 1.

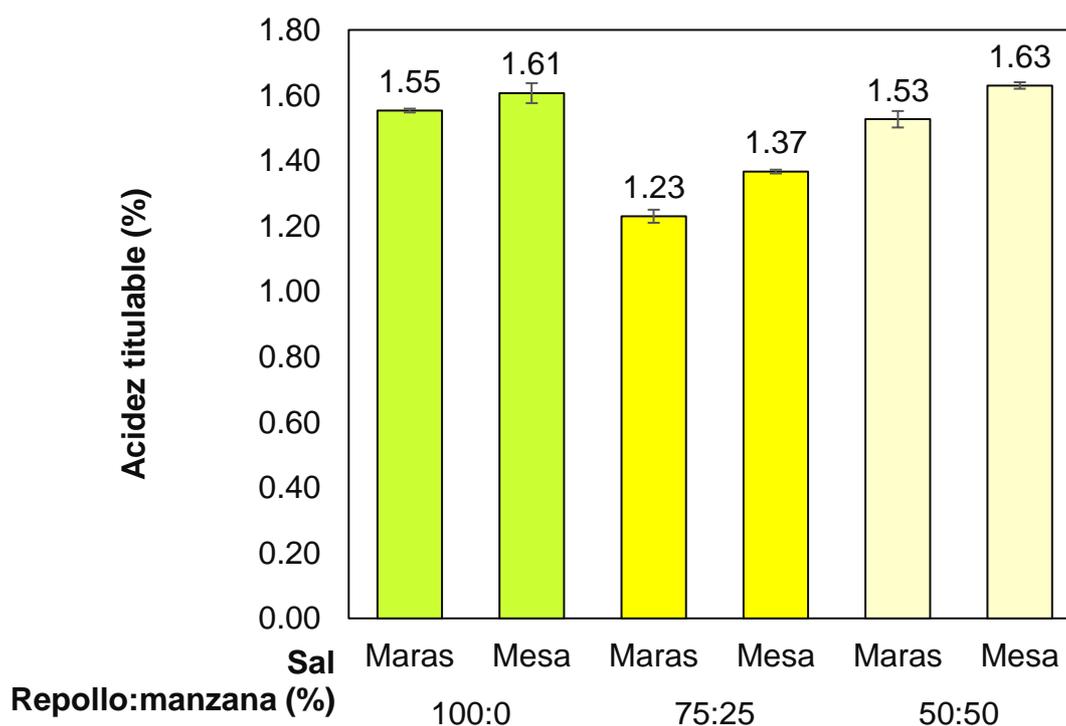


Figura 4. Acidez titulable en función de la proporción repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut.

Abbas, Helal, Benahmed Djilali y Benamara (2021), investigaron el efecto de la concentración de sal (1.5, 3, 4.5, 5.5, 7.5 y 8.5% m/m) respecto a la masa total de hojas) y del tiempo de fermentación (3, 6, 9, 12, 15, 18 y 21 días); el mejor resultado se obtuvo a la concentración de sal marina de 3% y a 21 días de fermentación; reportando para la acidez titulable (ácido láctico) el valor de 0.83%. Este comportamiento es válido porque se utilizó una concentración de sal de 3%

y 14 días de fermentación, ya que el tiempo de fermentación fue menos y se elaboró con otro tipo de repollo donde el valor obtenido mediante la investigación fue mayor.

En la tabla 8, se presenta la prueba de Levene aplicada a la acidez titulable de un producto fermentado tipo chucrut. La prueba de Levene determinó la existencia de homogeneidad de varianza ($p > 0.05$).

Tabla 8. Prueba de Levene para acidez titulable de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal de un producto fermentado tipo chucrut.

Estadístico de Levene	p
1.054	0.431

En la tabla 9, se presenta el análisis de varianza para la acidez titulable del fermentado tipo chucrut, denotándose que la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal presentaron efecto significativo ($p \leq 0.05$).

Tabla 9. Análisis de varianza para la acidez titulable de un producto fermentado tipo chucrut con proporción de repollo: manzana y del tipo de sal

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Proporción: P	2	0.315	0.158	443.641	0.000
Sal: S	1	0.043	0.043	121.000	0.000
P*S	2	0.005	0.003	7.422	0.008
Error	12	0.004	0.000		
Total	17	0.368			

En la tabla 10, se presenta la prueba de Duncan aplicada a la acidez titulable de un producto fermentado tipo chucrut. Esta prueba determinó que el fermentado tipo chucrut con la proporción repollo: manzana 75:25% con sal de maras en su formulación presentó el menor valor de acidez titulable de 1.23%; las muestras con sal de mesa con la proporción repollo: manzana 100:0% y 50:50%

presentaron los mayores valores de 1.61 y 1.63%, respectivamente (estadísticamente iguales al encontrarse en el mismo subgrupo). Ya que la sal de maras tiene una pureza y/o concentración de cloruro de sodio, por esto mismo el nivel de sodio es ligeramente menor al nivel de sodio que contiene cualquier sal regular que se comercializa en el mercado.

Tabla 10. Prueba de Duncan para la acidez titulable del producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Subgrupo			
		1	2	3	4
75:25	Maras	1.23			
75:25	De mesa		1.37		
50:50	Maras			1.53	
100:0	Maras			1.55	
100:0	De mesa				1.61
50:50	De mesa				1.63

4.2. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE EL pH DE UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT

En la Figura 5, se muestra el pH en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut; observándose que al aumentar la proporción de manzana en el fermentado tipo chucrut los valores de pH disminuyeron, siendo menores con el uso de sal tipo de sal de mesa, los valores estuvieron en el rango de 2.95 a 3.22. Los datos del pH en un producto fermentado tipo chucrut se encuentran en el Anexo 2.

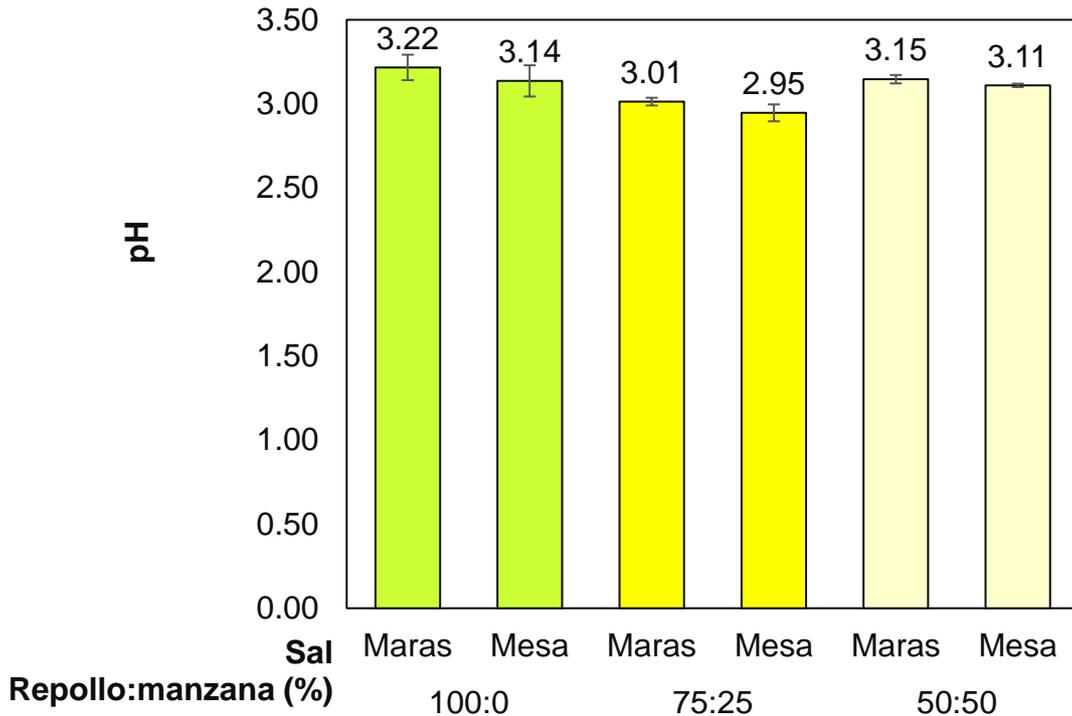


Figura 5. pH en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

Loja (2019) investigó el efecto del tiempo de fermentación (14 y 21 días) y la concentración de sal NaCl (2 y 3%, m/m), sobre el pH de chucrut obtenido por fermentación espontánea o natural; 3% m/m de sal y a 14 días, obtuvo un chucrut con un valor óptimo de pH de 3.67, que se mantuvo constante hasta los 21 días. Mientras que en esta investigación se trabajó con una concentración de sal 3% y 14 días de fermentación donde se reportó un pH menor al valor del autor porque se procedió a elaborar con menos días de fermentación.

Kraut (2021), en el chucrut, el pH suele oscilar entre 3,1 y 3,7 dependiendo de factores como el contenido de sal utilizado en su preparación, la variedad de col utilizada y las características especiales desarrolladas durante el cultivo. Los resultados del experimento respecto al pH están en ese rango.

En la tabla 11, se presenta la prueba de Levene aplicada al pH del producto fermentado tipo chucrut. La prueba de Levene determinó la existencia de homogeneidad de varianza ($p > 0.05$).

Tabla 11. Prueba de Levene para el pH de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Estadístico de Levene	p
0.574	0.719

En la tabla 12, se presenta el análisis de varianza para el pH de un producto fermentado tipo chucrut, denotándose que la concentración de manzana: repollo y del tipo de sal presentaron efecto significativo ($p \leq 0.05$).

Tabla 12. Análisis de varianza para el pH de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Proporción: P	2	0.126	0.063	20.813	0.000
Sal: S	1	0.017	0.017	5.551	0.036
P*S	2	0.001	0.001	0.244	0.787
Error	12	0.036	0.003		
Total	17	0.181			

En la tabla 13, se presenta la prueba de Duncan aplicada al pH de un producto fermentado tipo chucrut. Esta prueba determinó que el fermentado tipo chucrut con la proporción repollo: manzana 75:25% con sal de mesa y de maras en su formulación presentaron los menores valores de pH de 2.95 y 3.01, respectivamente (estadísticamente iguales al encontrarse en el mismo subgrupo); las muestras con sal de maras con repollo: manzana 100:0% y 50:50% y repollo: manzana 100:0% con sal de mesa presentaron los mayores valores de pH de 3.22, 3.15 y 3.14, respectivamente (estadísticamente iguales al encontrarse en el mismo subgrupo). Según Dimidi (2019), el chucrut tiene que estar en un medio ácido que coincide con los valores obtenidos en la investigación con la finalidad de conservar la vida útil de repollo utilizado.

Tabla 13. Prueba de Duncan para el pH de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Subgrupo			
		1	2	3	4
75:25	De mesa	2.95			
75:25	Maras	3.01	3.01		
50:50	De mesa		3.11	3.11	
100:0	De mesa			3.14	3.14
50:50	Maras			3.15	3.15
100:0	Maras				3.22

4.3. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE EL RECuento DE BACTERIAS LÁCTICAS EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT

En la Figura 6, se observa que al aumentar la proporción de manzana en el fermentado tipo chucrut los valores de recuento de bacterias lácticas presentaron tendencia a aumentar, siendo mayores con el uso de sal tipo maras, los valores estuvieron en el rango de 24,867 a 31,800 ufc/mL. Los datos del recuento de bacterias lácticas en un producto fermentado tipo chucrut se encuentran en el Anexo 3.

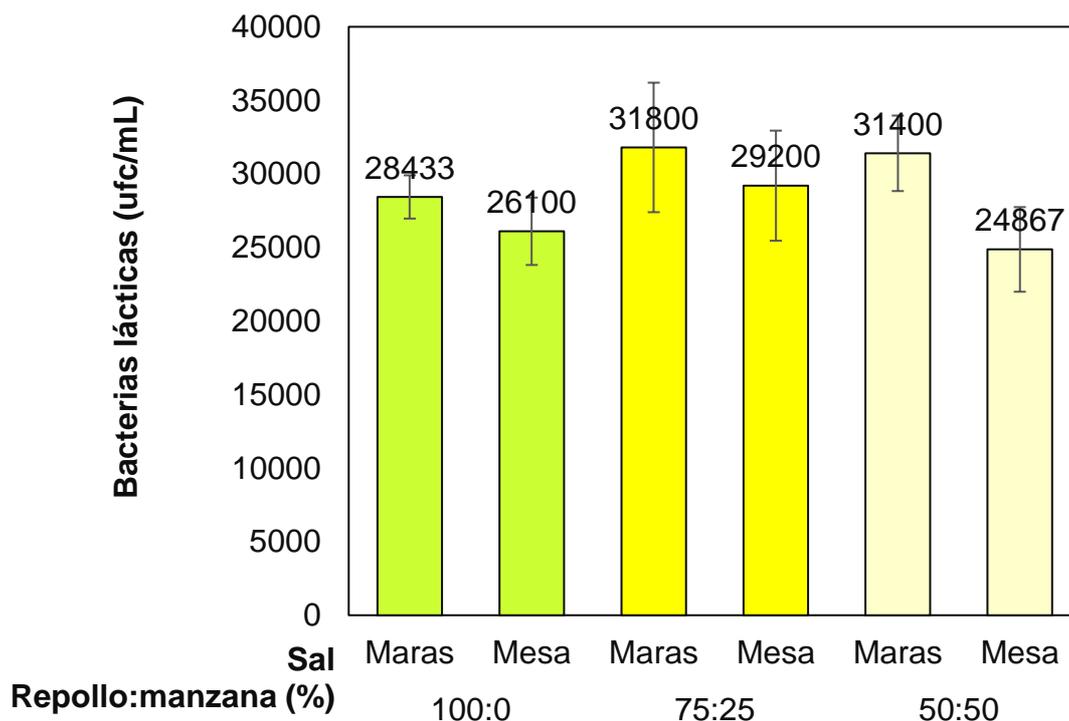


Figura 6. Recuento de bacterias lácticas (ufc/ml) en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

Yang, Hu, Xiu, Jiang, Yang, Saren, Ji, Guan y Feng (2020) investigaron el efecto de la concentración de sal (0.5, 1.5, 2.5 y 3.5%) y de dos cepas de cultivos iniciadores: *Lactobacillus plantarum* HBUAS 51041 y *Leuconostoc mesenteroides* ORC 2, sobre las características de calidad del chucrut elaborado con repollo chino (*Brassica rapa spp. Pekinensis*) por fermentación espontánea a 18-20 °C, durante 30 días. El resultado del análisis microbiológico (385000 ufc/mL) mostró un mayor número de bacterias del ácido láctico (BAL) en el chucrut salado al 0.5%; comparando con los resultados de esta investigación. Cabe señalar que el tiempo de fermentación fue mayor de 14 días en la investigación comentada.

Beganović, Kos, Leboš Pavunc, Uroić, Jokić y Šušković (2014) estudiaron la fermentación espontánea de chucrut, a escala industrial en la fábrica "Prehrana Inc." de Varaždin, con el fin de seleccionar bacterias autóctonas del ácido láctico (BAL), mediante su evaluación con criterios probióticos y la prueba de su capacidad como cultivos iniciadores probióticos. Al final de la fermentación

espontánea de chucrut, los recuentos totales de bacterias ácido lácticas alcanzaron 900,000 ufc/mL, lo que muestra su importancia potencial en la producción de chucrut probiótico industrial, con este aporte deducimos que al tener mayor cantidad de bacterias ácidos lácticas es beneficioso para la salud del consumidor.

Según Bonilla (2020), la temperatura es un factor determinante en la secuencia de los microorganismos deseables para la fermentación; se ha encontrado que a una temperatura de 18°C y a una concentración de sal de 2.25 %, el proceso es superior en aroma, color, debido a que se favorecen las bacterias ácido – lácticas. Este trabajo de investigación se elaboró a una temperatura de 28°C y 3% de sal, es por eso que estos factores fueron determinantes para el recuento de bacterias lácticas.

En la tabla 14 se presenta la prueba de Levene aplicada al recuento de bacterias lácticas del fermentado tipo chucrut. La prueba de Levene determino la existencia de homogeneidad de varianza ($p > 0.05$).

Tabla 14. Prueba de Levene para el recuento de bacterias lácticas de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Estadístico de Levene	p
0.197	0.958

En la tabla 15 se presenta el análisis de varianza para el recuento de bacterias lácticas del producto fermentado tipo chucrut, denotándose que la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal no presentaron efecto significativo ($p > 0.05$).

Tabla 15. Análisis de varianza para el recuento de bacterias lácticas de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Proporción: P	2	3.36E+07	1.68E+07	1.208	0.333
Sal: S	1	6.57E+07	6.57E+07	4.725	0.050
P*S	2	1.66E+07	8.30E+06	0.596	0.566
Error	12	1.67E+08	1.39E+07		
Total	17	2.83E+08			

4.4. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE EL COLOR EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT

En la Figura 7, se observa mayor aceptación en el color en fermentado tipo chucrut con la proporción de repollo: manzana de 75:25%, para ambos tipos de sal (de mesa y maras) con promedio de 4.83 y 4.80, respectivamente. Los datos de color en un producto fermentado tipo chucrut se encuentran en el Anexo 4.

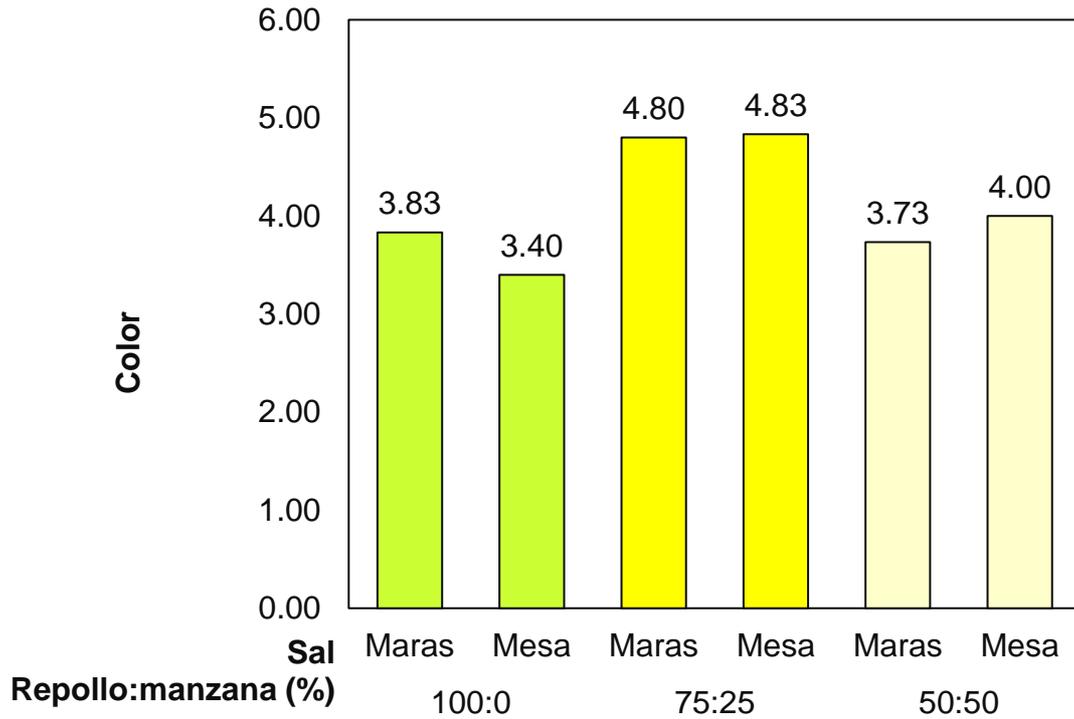


Figura 7. Color en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

En la tabla 16, la prueba de Friedman determinó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las muestras de fermentado tipo chucrut; además con la proporción repollo: manzana 75:25% con sal de mesa en su formulación presentó la mayor aceptación en color con media de 4.83, rango medio de 1.85 y moda de 5 correspondiente a la percepción de "Me gusta mucho".

Tabla 16. Prueba de Friedman para el color de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Rango medio	Media	Moda
100:0	Maras	0.93	3.83	4
100:0	De mesa	0.45	3.40	3
75:25	Maras	1.82	4.80	5
75:25	De mesa	1.85	4.83	5
50:50	Maras	0.83	3.73	4
50:50	De mesa	1.12	4.00	4
Chi-cuadrado			42.848	
P			0.000	

En la tabla 17, en la prueba de Wilcoxon se comparó la muestra de fermentado tipo chucrut con mayor aceptación en color (repollo: manzana 75:25% con sal de mesa) contra las demás muestras, donde fue estadísticamente diferente a todas ($p \leq 0.05$) excepto a la muestra de repollo: manzana 75:25% con sal de maras.

Tabla 17. Prueba de Wilcoxon para el color de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Repollo: manzana (%)	Sal	Wilcoxon	p
		100:0	Maras	837.500	0.000
		100:0	De mesa	870.000	0.000
75:25	De mesa	75:25	Maras	465.000	0.741
		50:50	Maras	845.000	0.000
		50:50	De mesa	775.000	0.000

4.5. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE EL OLOR EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT

En la figura 8, se observa mayor aceptación en el olor en fermentado tipo chucrut con la proporción de repollo: manzana de 75:25% con sal de mesa en su formulación con promedio de 4.33. Los datos de olor en un producto fermentado tipo chucrut se encuentran en el Anexo 4.1.

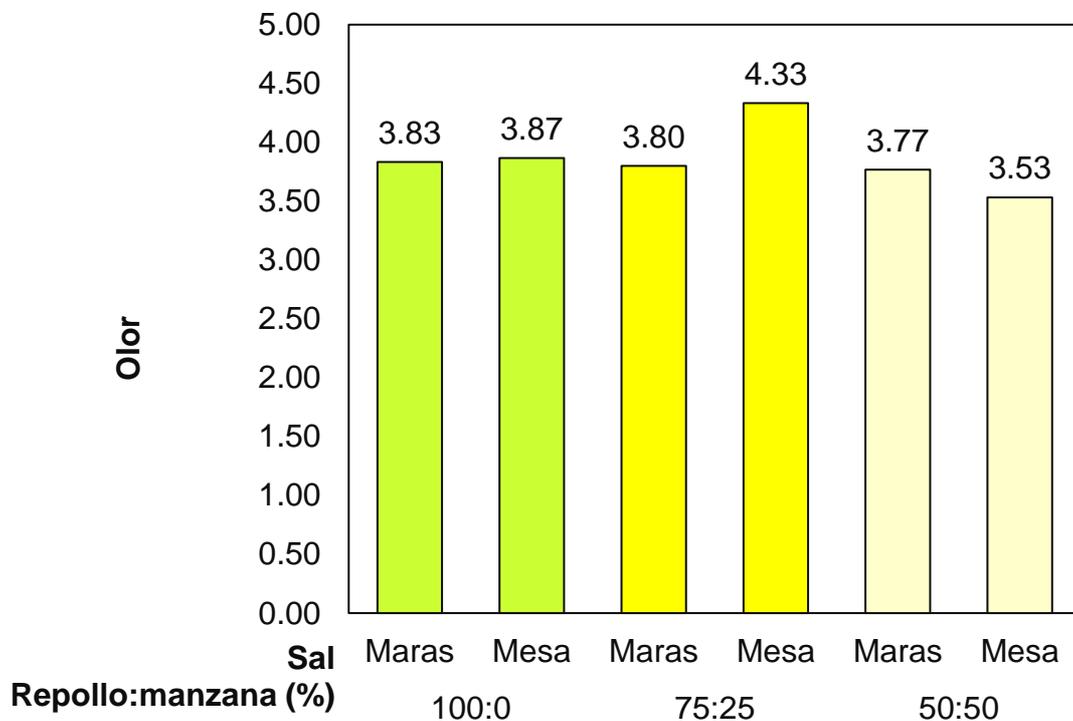


Figura 8. Olor en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

En la tabla 18, la prueba de Friedman determinó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las muestras de fermentado tipo chucrut; además con la proporción repollo: manzana 75:25% con sal de mesa en su formulación presentó la mayor aceptación en olor con media de 4.33, rango medio de 1.95 y moda de 4 correspondiente a la percepción de "Me gusta moderadamente".

Tabla 18. Prueba de Friedman para el olor de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Rango medio	Media	Moda
100:0	Maras	1.15	3.83	4
100:0	De mesa	1.23	3.87	4
75:25	Maras	1.08	3.80	4
75:25	De mesa	1.95	4.33	4
50:50	Maras	1.00	3.77	4
50:50	De mesa	0.58	3.53	4
Chi-cuadrado			31.150	
P			0.000	

En la tabla 19, en la prueba de Wilcoxon se comparó la muestra de fermentado tipo chucrut con mayor aceptación en olor (repollo: manzana 75:25% con sal de mesa) contra las demás muestras, donde fue estadísticamente diferente a todas ($p \leq 0.05$).

Tabla 19. Prueba de Wilcoxon para el olor de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Repollo: manzana (%)	Sal	Wilcoxon	p
		100:0	Maras	630.000	0.003
		100:0	De mesa	636.000	0.001
75:25	De mesa	75:25	Maras	654.000	0.000
		50:50	Maras	663.000	0.000
		50:50	De mesa	726.000	0.000

4.6. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE LA CONSISTENCIA EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT

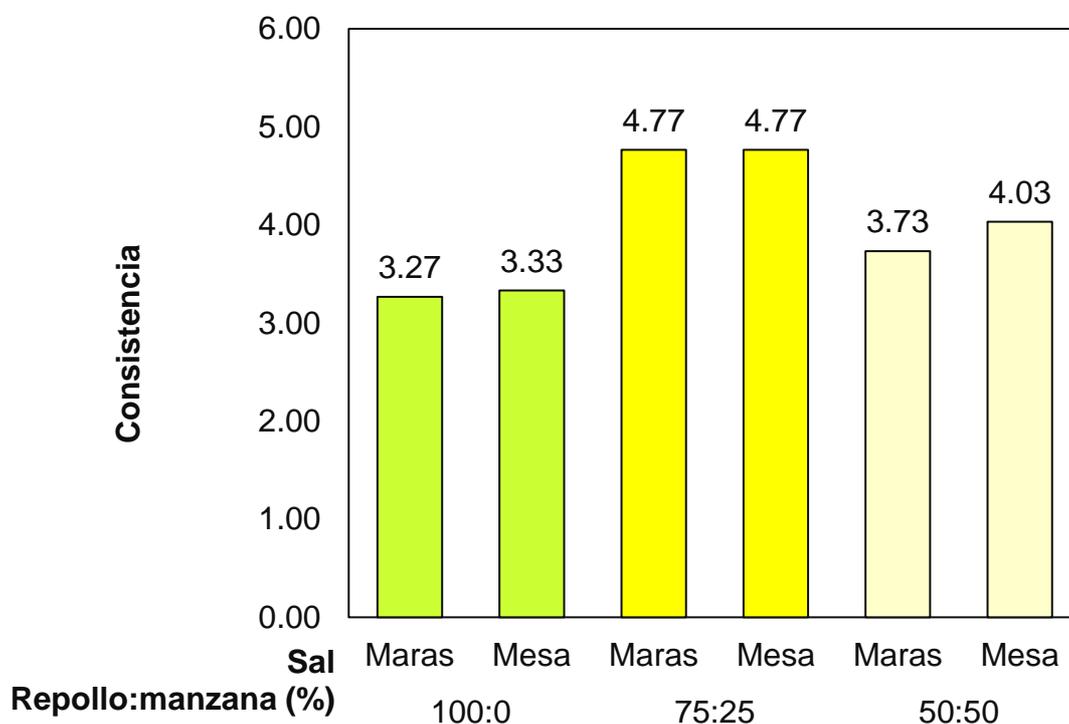


Figura 9. Consistencia en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

En la Figura 9, se observa mayor aceptación en la consistencia en fermentado tipo chucrut con la proporción de repollo: manzana de 75:25%, para ambos tipos de sal (de mesa y maras) con promedio de 4.77 para cada caso, respectivamente.

Los datos de consistencia en un producto fermentado tipo chucrut se encuentran en el Anexo 4.2.

En la tabla 20, la prueba de Friedman determinó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las muestras de fermentado tipo chucrut; además con la proporción repollo: manzana 75:25% con sal de mesa en su formulación presentó la mayor aceptación en consistencia con media de 4.77, rango medio de 1.83 y moda de 5 correspondiente a la percepción de "Me gusta mucho".

Tabla 20. Prueba de Friedman consistencia de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Rango medio	Media	Moda
100:0	Maras	0.53	3.27	3
100:0	De mesa	0.53	3.33	3
75:25	Maras	1.80	4.77	5
75:25	De mesa	1.83	4.77	5
50:50	Maras	1.02	3.73	4
50:50	De mesa	1.28	4.03	4
Chi-cuadrado			45.374	
p			0.000	

En la tabla 21, se comparó la muestra de fermentado tipo chucrut con mayor aceptación en consistencia (repollo: manzana 75:25% con sal de mesa) contra las demás muestras, donde fue estadísticamente diferente a todas ($p \leq 0.05$) excepto a la muestra de repollo: manzana 75:25% con sal de maras.

Tabla 21. Prueba de Wilcoxon para la consistencia de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Repollo: manzana (%)	Sal	Wilcoxon	p
		100:0	Maras	872.000	0.000
		100:0	De mesa	865.000	0.000
75:25	De mesa	75:25	Maras	450.000	1.000
		50:50	Maras	823.000	0.000
		50:50	De mesa	722.500	0.000

4.7. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE EL SABOR EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT

En la Figura 10, se observa mayor aceptación en el sabor en fermentado tipo chucrut con la proporción de repollo: manzana de 75:25% con sal tipo maras en su formulación con promedio de 4.10. Los datos del sabor en un producto fermentado tipo chucrut se encuentran en el Anexo 4.3.

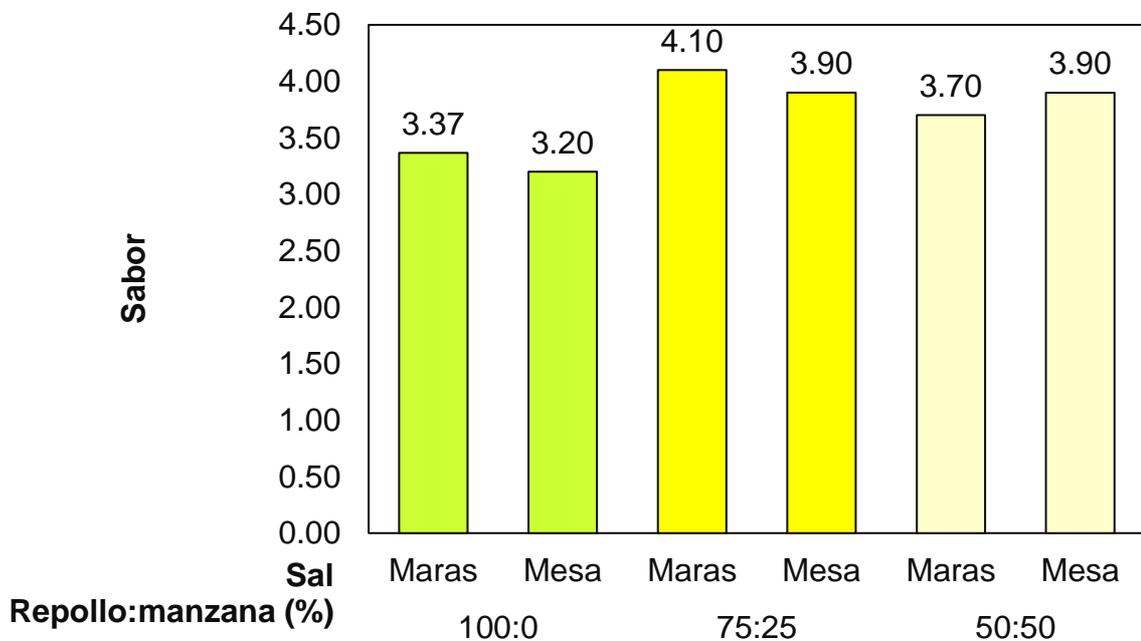


Figura 10. Sabor en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

En la tabla 22, la prueba de Friedman determinó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las muestras de fermentado tipo chucrut; además con la proporción repollo: manzana 75:25% con sal de maras en su formulación presentó la mayor aceptación en sabor con media de 4.10, rango medio de 1.77 y moda de 4 correspondiente a la percepción de "Me gusta moderadamente".

Tabla 22. Prueba de Friedman para el sabor de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Rango medio	Media	Moda
100:0	Maras	0.72	3.37	3
100:0	De mesa	0.43	3.20	3
75:25	Maras	1.77	4.10	4
75:25	De mesa	1.45	3.90	4
50:50	Maras	1.18	3.70	4
50:50	De mesa	1.45	3.90	4

En la tabla 23 en la prueba de Wilcoxon se comparó la muestra de fermentado tipo chucrut con mayor aceptación en sabor (repollo: manzana 75:25% con sal de maras) contra las demás muestras, donde fue estadísticamente diferente a todas ($p \leq 0.05$) excepto a la muestra de repollo: manzana 75:25% con sal de mesa

Tabla 23. Prueba de Wilcoxon para el sabor de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Repollo: manzana (%)	Sal	Wilcoxon	p
		100:0	Maras	713.500	0.000
		100:0	De mesa	771.000	0.000
75:25	Maras	75:25	De mesa	519.000	0.261
		50:50	Maras	598.500	0.008
		50:50	De mesa	522.000	0.225

4.8. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE REPOLLO: MANZANA Y DEL TIPO DE SAL SOBRE LA ACEPTABILIDAD GENERAL EN UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO CHUCRUT

En la Figura 11, se observa mayor aceptación en la aceptabilidad general en fermentado tipo chucrut con la proporción de repollo: manzana de 75:25%, para ambos tipos de sal (de mesa y maras) con promedio de 4.40 y 4.37, respectivamente.

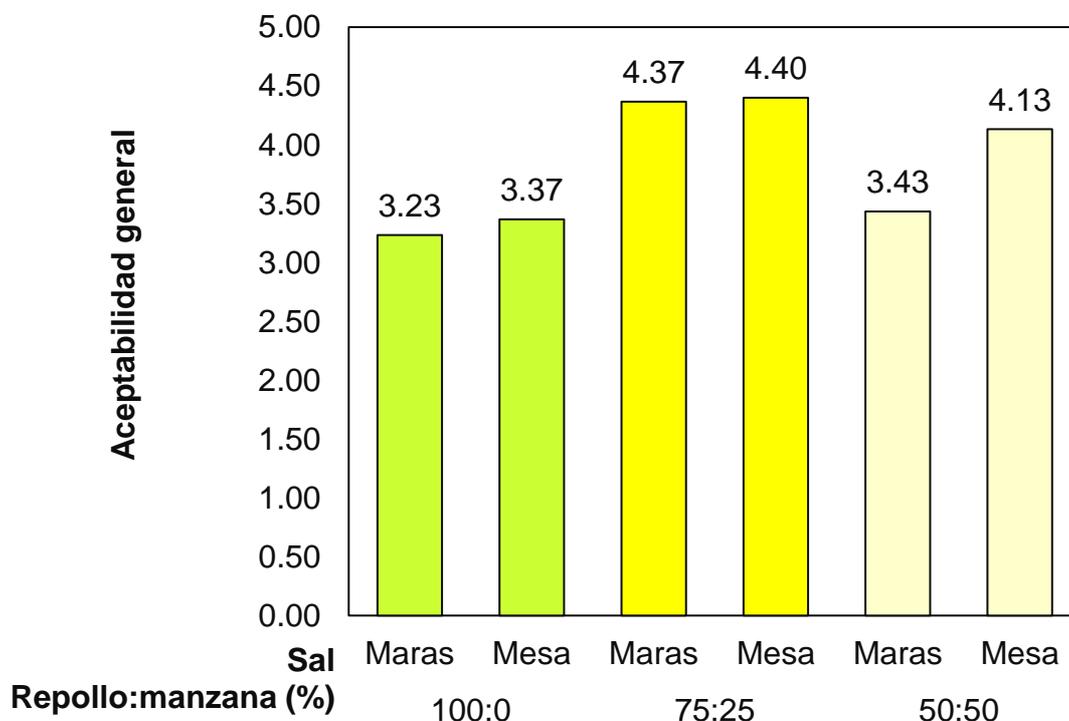


Figura 11. Aceptabilidad general en función de la concentración repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

Rodríguez y Zamba (2021) encontraron que el chucrut elaborado con col morada (*Brassica oleraceae capitata rubra*), con fermentación espontánea, 3% de sal marina sin yodo, a 20-22 °C y a 14 días de proceso, presentó una calidad sensorial similar al preparado con col blanca, col de Bruselas y coliflor, destacando la diferencia significativa en la textura (3.93 sobre una escala de 5 puntos); comparando con los resultados del experimento fue de 4.40 también sobre una escala de 5 puntos, de la cual usando la sal de maras da una mayor aceptabilidad general.

Tabla 24. Prueba de Friedman para la apariencia general de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Rango medio	Media	Moda
100:0	De Mesa	0.55	3.23	3
100:0	Yodada	0.68	3.37	3
75:25	Maras	1.75	4.37	4
75:25	De Mesa	1.80	4.40	4
50:50	Maras	0.77	3.43	3
50:50	De Mesa	1.45	4.13	4
Chi-cuadrado			43.647	
p			0.000	

En la Tabla 25, en la prueba de Wilcoxon se comparó la muestra de fermentado tipo chucrut con mayor aceptación general (repollo: manzana 75:25% con sal de mesa) contra las demás muestras, donde fue estadísticamente diferente a todas ($p \leq 0.05$) excepto a la muestra de repollo: manzana 75:25% con sal de maras.

Tabla 25. Prueba de Wilcoxon para el sabor de un producto fermentado tipo chucrut con concentración de repollo: manzana y del tipo de sal

Repollo: manzana (%)	Sal	Repollo: manzana (%)	Sal	Wilcoxon	p
		100:0	Maras	837.000	0.000
		100:0	De mesa	801.000	0.000
75:25	De mesa	75:25	Maras	465.000	0.792
		50:50	Maras	783.000	0.000
		50:50	De mesa	570.000	0.021

V. CONCLUSIONES

La concentración de repollo: manzana y el tipo de sal presentó efecto significativo ($p \leq 0.05$) sobre el pH, la acidez titulable y la aceptabilidad general en un producto fermentado tipo chucrut, caso contrario, para el recuento de bacterias lácticas.

El mejor tratamiento de esta investigación, debido a la importancia de las características sensoriales en un producto fermentado tipo chucrut fue la concentración de manzana: repollo (75%:25%) respectivamente y sal de maras al 3%, que se relaciona con las mejores características fisicoquímicas; aceptabilidad general con puntuación "Me gusta", pH 3.22, acidez titulable 1.23 % y recuento de bacterias lácticas 3.18×10^4 ufc/ml en el chucrut.

VI. RECOMENDACIONES

- Determinar el tiempo de vida útil en productos fermentados tipo chucrut a base de repollo con otras frutas ricas en antioxidantes como arándano, pera, fresa y otros.
- Evaluar estudios de las diferentes concentraciones de sal y tiempo de fermentación para la elaboración de un producto fermentado tipo chucrut, variedad *Brassica oleracea*.
- Aplicar moderna metodología de recuento de bacterias para optimizar la observación de microorganismos y la lectura óptima de un producto fermentado tipo chucrut.

VII. REFERENCIAS

Abbas, D., Helal, W., Benahmed Djilali, A. y Benamara, S. (2021). Preliminary investigation of the spontaneous lacto-fermentation of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) grown in northern Algeria. Recuperado el 18 de setiembre del 2022 de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03206113>

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International. 19 th edition. Maryland, Estados Unidos.

Anzaldúa-Morales, A. (2005). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. 2ª ed. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A.

Beganović, J., Kos, B., Leboš Pavunc, A., Uroić, K., Jokić, M. y Šušković, J. (2014). Traditionally produced sauerkraut as source of autochthonous functional starter cultures. *Microbiol. Res.*, 169(7-8): 623-32.

Benavidez, M. (2015). Aplicación de la fermentación láctica como estrategia de transformación y valoración de matrices vegetales. Universidad Nacional de Colombia y Universidad Politécnica de Catalunya. Bogotá, Colombia y Catalunya, España.

Carbajal, A. (2018). Manual de Nutrición y Dietética. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Nutrición, España.

Carrillo, P. y Maldonado, R. (2018). Elaboración de una bebida fermentada a base de quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Revista Enfoque*, 9(3): 2-20.

Ciska, E., Honke, J., y Drabinska, N. (2021). Changes in glucosinolates and their breakdown products during the fermentation of cabbage and prolonged storage of sauerkraut: Focus on sauerkraut juice. *Food Chemistry*, 365 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130498>

Dirección General de Salud Ambiental, DIGESA (2020). Reglamento técnico para la fortificación de la sal para consumo humano con yodo y flúor. Definición y clasificación de la sal de consumo humano. Especificaciones del producto. Capítulo II, Perú.

FAO. (2014). Fichas técnicas sobre productos frescos en verduras. Recuperado el 20 de julio del 2022, de <http://www.fao.org/3/a-au174s.pdf>.

Filiberto, E. Alarcón, S. Toledano, M. Ordoñez y Pérez, J. (2016). Elaboración de col fermentada. Recuperado el 20 de junio del 2022 de: <https://docplayer.es/80516378-Elaboracion-de-col-fermentada-chucrut-1-introduccion-2-proceso-de-elaboracion-3-legislacion-4-experimentacion>.

Fornaris, R. (2016). Características de la planta y conjunto tecnológico para la producción de repollo. Revista Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico, pag. 158.

García, L. (2016). Manual de producción de bacteriocinas de bacterias lácticas aisladas de encurtidos. Universidad de Jaén. Jaén, Amazonas, Perú.

Gonzales, C. (2019). Probióticos, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Chile, Chile.

Guzmán, W. (2014). Cultivando manzanas en Asturias. Servicio Publicaciones de Asturias, España: Editorial Acribia.

Hernández, C. (2014). Chicha y Sidra de manzana con identificación de origen. Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad 9:3.

INEI. 2021. Perú, Compendio Estadístico 2021. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Recuperado el 01 agosto 2022 de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1_829/COMPENDIO2021.html

INKANAT. 2021. Sal andina o sal de maras. Revista de Salud, Recuperado el 08 de junio 2021 de: <https://inkanat.com/es/sal-andina-o-sal-de-maras/>

Lema, A. y Soengas, P. (2016). Especies y cultivos hortícolas del género Brassica. Revista de Ciencia y Tecnología de Hortalizas. 1 (2):10-12.

Loja, M. (2019). Determinación de la cinética de fermentación láctica de hojas frescas de col (*Brassica oleracea* L. var. capitata.) en condiciones óptimas de temperatura, tiempo y concentración de NaCl. Trabajo de investigación para obtener el grado académico de Bachiller en Ingeniería Química. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

MicroChem's Experiments. (2021). Determination of Total Sugar_A Complete Procedure (Lean-Eynon Method). Recuperado el 01 de setiembre del 2022, de: <https://youtu.be/3nKFslvrTU>

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020). La sal, Madrid. España.
- Müller, A., Rösch, N., Cho, G.S., Meinhard, A.K., Kabisch, J., Habermann, D., Böhnlein, C., Brinks, E., Greiner, R. y Franz, C.M.A.P. (2018). Influence of iodized table salt on fermentation characteristics and bacterial diversity during sauerkraut fermentation. *Food Microbiology*, 76:473-480.
- Muñoz de Malajovich, M. A. (2012). Biotecnología. Segunda Edición. Universidad Nacional de Quilmes Editorial. Bernal, Argentina.
- Orozco, F. (2011). Producción de ácido láctico por medio de fermentación anaerobia y su polimerización a partir de reacciones de apertura de anillo. Centro de investigación científica de Yucatán, A. C. Mérida, Venezuela.
- Raak C, Ostermann T, Boehm K, Molsberger F. (2014). Regular consumption of sauerkraut and its effect on human health: a bibliometric analysis. *Glob Adv Health Med*, 3(6):12-8.
- Rodríguez, V. y Zumba, D. (2021). Influencia de tres variedades de col (Brassica oleracea en la elaboración de chucrut. *Ecuadorian Science Journal*, 5(3): 99-111.
- SIEA. 2019. Calendario de siembra de manzana nacional. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas, Perú.
- Satora, P., Skotniczny, M., Strnad, S. y Piechowicz, W. (2021). Chemical composition and sensory quality of sauerkraut produced from different cabbage varieties. *LWT - Food Science and Technology*, 136 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110325>
- Tlais, A. Z. A., Kanwal, S., Filannino, P., Acin Albiac, M., Gobbetti, M., y Di Cagno, R. (2022). Effect of sequential or ternary starters-assisted fermentation on the phenolic and glucosinolate profiles of sauerkraut in comparison with spontaneous fermentation. *Food Research International* 156 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111116>
- Torricella, R., Zamora, E. y Pulido, H. (2007). Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria. Segunda edición. Editorial Universitaria. La Habana, Cuba.

Sra. Kraut (2021). 11 cosas que debes saber antes de fermentar chucrut, Revista de salud. Perú.

Torres, S., Verón, H., Contreras, L. e Isla, M.I. (2020). An overview of plant-autochthonous microorganisms and fermented vegetable foods. *Food Science and Human Wellness*, 9(2): 112-123.

Touret, T., Oliveira, M. y Semedo-Lemsaddek, T. (2018). Supuestas bacterias probióticas del ácido láctico aisladas de fermentaciones de chucrut. *PLoS uno*, 13 (9), e0203501.

USDA. (2021). What is in the food you eat Search tool. ARS-USDA, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. Recuperado el 28 de julio, 2022 de:

https://www.google.com/search?q=usda+what%27s+in+the+foods+you+eat&rlz=1C1CHBD_esPE908PE908&oq=&aqs=chrome.0.35i39i362l8.2015773773j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Yang, X., Hu, W., Xiu, Z., Jiang, A., Yang, X., Saren, G., Ji, Y., Guan, Y., y Feng, K. (2020). Effect of salt concentration on microbial communities, physicochemical properties and metabolite profile during spontaneous fermentation of Chinese northeast sauerkraut. *J. Appl. Microbiol.*, 129(6):1458-1471.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Valores de la acidez titulable (% ácido láctico) en el DÍA 0 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

CODIFICACIÓN						
RÉPLICAS	100%:0%		75%:25%		50%:50%	
	P1SM	P1SY	P2SM	P2SY	P3SM	P3SY
1	0.11	0.16	0.14	0.22	0.22	0.29
2	0.12	0.20	0.15	0.19	0.19	0.23
3	0.13	0.18	0.15	0.20	0.22	0.23

P1-P2-P3: proporción

SM: sal de maras

SY: sal de mesa

Anexo 1.1. Valores de la acidez titulable (% ácido láctico) en el DÍA 14 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

CODIFICACIÓN						
RÉPLICAS	100%:0%		75%:25%		50%:50%	
	P1SM	P1SY	P2SM	P2SY	P3SM	P3SY
1	1.56	1.60	1.21	1.37	1.50	1.64
2	1.55	1.58	1.23	1.36	1.53	1.62
3	1.55	1.64	1.25	1.37	1.55	1.63

P1-P2-P3: proporción

SM: sal de maras

SY: sal de mesa

Anexo 2. Valores de pH del DÍA 0 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

CODIFICACIÓN						
RÉPLICAS	100%:0%		75%:25%		50%:50%	
	P1SM	P1SY	P2SM	P2SY	P3SM	P3SY
1	5.81	5.63	4.36	4.12	3.61	3.49
2	5.80	5.50	4.53	4.36	3.91	3.65
3	5.85	5.65	4.46	4.21	3.95	3.70

P1-P2-P3: proporción

SM: sal de maras

SY: sal de mesa

Anexo 2.1. Valores de pH del DÍA 14 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

CODIFICACIÓN						
RÉPLICAS	100%:0%		75%:25%		50%:50%	
	P1SM	P1SY	P2SM	P2SY	P3SM	P3SY
1	3.13	3.03	3.00	2.90	3.17	3.12
2	3.25	3.18	3.04	3.00	3.15	3.11
3	3.27	3.20	3.00	2.94	3.12	3.10

P1-P2-P3: proporción

SM: sal de maras

SY: sal de mesa

Anexo 3. Valores de recuento de bacterias lácticas (ufc/ml) en el DÍA 0 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

CODIFICACIÓN												
RÉPLICAS	100%:0%				75%:25%				50%:50%			
	P1SM		P1SY		P2SM		P2SY		P3SM		P3SY	
	10 ⁻²	10 ⁻³										
1	1800	1000	1500	1200	1500	1200	1100	1000	2100	1600	1900	1100
2	1700	900	1500	1000	1800	1200	1000	900	2000	1600	1900	1000
3	1900	1700	1600	1100	1800	1000	1200	1000	2000	1600	1900	1200

P1-P2-P3: proporción

SM: sal de maras

SY: sal de mesa

Anexo 3.1. Valores de recuento de bacterias lácticas (ufc/ml) en el DÍA 14 en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

CODIFICACIÓN												
R	100%:0%				75%:25%				50%:50%			
	P1SM		P1SY		P2SM		P2SY		P3SM		P3SY	
	10^{-2}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-3}
1	4200	26000	3800	25000	4000	24000	3800	20000	4400	31000	4200	26000
2	3600	23000	3200	20000	4200	30000	4000	18000	4600	21000	4200	26000
3	4200	26000	3800	25000	4000	24000	3800	20000	4400	31000	4200	20000

P1-P2-P3: proporción

SM: sal de maras

SY: sal de mesa

Anexo 4. Calificaciones del color en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

PANELISTAS	TRATAMIENTOS					
	100%:0%		50%:50%		75%:25%	
	P1SM	P1SY	P2SM	P2SY	P3SM	P3SY
1	4	3	5	5	4	4
2	4	4	4	5	3	4
3	4	3	5	5	4	4
4	3	4	4	5	3	4
5	4	3	5	4	4	4
6	3	4	5	5	4	4
7	4	3	5	5	3	4
8	4	3	4	4	4	4
9	4	3	5	5	4	4
10	4	4	5	5	4	4
Promedio	3.83	3.40	4.80	4.83	3.73	4.00
Moda	4	3	5	5	4	4

Anexo 5. Calificaciones del olor en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

PANELISTAS	TRATAMIENTOS					
	100%:0%		50%:50%		75%:25%	
	P1SM	P1SY	P2SM	P2SY	P3SM	P3SY
1	4	3	4	4	4	3
2	4	4	4	3	3	4
3	4	3	3	4	4	3
4	3	4	4	4	3	3
5	4	4	3	4	4	3
6	3	4	3	3	4	4
7	4	4	4	4	3	3
8	4	3	4	4	4	4
9	4	4	3	4	4	3
10	4	4	3	3	4	4
Promedio	3.80	3.70	3.50	3.70	3.70	3.40
Moda	4	4	4	4	4	3

P1-P2-P3: proporción

SM: sal de maras

SY: sal de mesa

Anexo 6. Calificaciones de la consistencia en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

PANELISTAS	TRATAMIENTOS					
	100%:0%		50%:50%		75%:25%	
	P1SM	P1SY	P2SM	P2SY	P3SM	P3SY
1	3	3	4	4	4	4
2	4	4	4	5	3	4
3	3	3	5	4	4	4
4	3	3	4	4	3	4
5	4	3	5	4	4	4
6	3	3	5	5	3	4
7	4	3	4	4	3	4
8	3	3	4	4	4	4
9	3	4	4	4	4	4
10	3	3	4	5	4	4
Promedio	3.27	3.33	4.77	4.77	3.73	4.03
Moda	3	3	5	5	4	4

P1-P2-P3: proporción

SM: sal de maras

SY: sal de mesa

Anexo 7. Fermentado final tipo chucrut (100%:0%) sal de maras y sal de mesa respectivamente



Anexo 8. Calificaciones del sabor en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

PANELISTAS	TRATAMIENTOS					
	100%:0%		50%:50%		75%:25%	
	P1SM	P1SY	P2SM	P2SY	P3SM	P3SY
1	4	3	4	4	4	4
2	3	3	4	3	3	4
3	3	3	4	4	4	4
4	3	3	4	4	3	4
5	4	3	5	4	4	4
6	3	3	4	4	4	4
7	3	3	4	4	3	4
8	3	3	4	4	4	4
9	3	4	4	4	4	3
10	3	4	4	4	4	4
Promedio	3.27	3.20	4.10	3.90	3.70	3.90
Moda	3	3	4	4	4	4

P1-P2-P3: proporción
 SM: sal de maras
 SY: sal de mesa

Anexo 9. Fermentado final tipo chucrut (50%:50%) sal de maras y sal de mesa respectivamente



Anexo 10. Calificaciones de la aceptabilidad general en función de la concentración de repollo: manzana y del tipo de sal en un producto fermentado tipo chucrut

PANELISTAS	TRATAMIENTOS					
	100%:0%		50%:50%		75%:25%	
	P1SM	P1SY	P2SM	P2SY	P3SM	P3SY
1	3	3	4	4	3	4
2	3	4	4	5	3	4
3	3	3	5	4	4	5
4	3	4	4	4	3	4
5	4	4	4	4	4	4
6	3	3	4	5	3	4
7	3	3	4	4	3	4
8	3	3	4	4	4	4
9	3	3	4	4	3	4
10	4	3	5	5	4	4
Promedio	3.23	3.37	4.37	4.40	3.43	4.13
Moda	3	3	4	4	3	4

P1-P2-P3: proporción
 SM: sal de maras
 SY: sal de mesa

Anexo 11. Fermentado final tipo chucrut (75%:25%) sal de maras y sal de mesa respectivamente

