

Elaboración de dos pastas de trigo (*Triticum durum* L.) con adición de *Bacillus coagulans* ProDURA Unique IS-2 como probiótico

Paulina Simoneth Jiménez Romero

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Elaboración de dos pastas de trigo (*Triticum durum* L.) con adición de *Bacillus coagulans* ProDURA Unique IS-2 como probiótico

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Paulina Simoneth Jiménez Romero

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Elaboración de dos pastas de trigo (*Triticum durum* L.) con adición de *Bacillus coagulans* ProDURA Unique IS-2 como probiótico

Paulina Simoneth Jiménez Romero

Resumen. El objetivo de la investigación fue estudiar el efecto de la elaboración de pasta macaroni y ramen sobre la viabilidad del probiótico *Bacillus coagulans* durante su procesamiento. Los tratamientos analizados fueron: secado de macaroni 55 °C por 18 horas y 45 °C por 24 horas, freído de ramen 60 segundos a 177 °C y 120 segundos a 135 °C. Las muestras fueron elaboradas, secadas, freídas y cocinadas en las instalaciones de la planta piloto de procesamiento de alimentos Nebraska, UNL. Se realizaron análisis de color, humedad, aumento de peso, cocción y recuento microbiológico para cada etapa de la elaboración de ambas pastas. Se utilizó un diseño completamente al azar con dos evaluaciones con medidas repetidas en el tiempo (una semana y dos meses para la pasta macaroni). Los datos fueron analizados usando un ANDEVA con una separación de medias DUNCAN. Los resultados obtenidos demostraron que no existió una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados tanto para la pasta macaroni, como para la pasta ramen. La viabilidad de la pasta macaroni luego de dos meses resultó en una disminución de la misma. El recuento final demostró que la pasta macaroni del tratamiento 1 cocinado a pesar de obtener 5.13 Log UFC/g, y la pasta ramen cocinada 2.73 Log UFC/g en su recuento final, no son consideradas como un alimento con probiótico, ya que lo mínimo para que sean consideradas como tal es 6 Log UFC/g. Se recomienda realizar nuevas formulaciones con mayor contenido de probiótico.

Palabras clave: Alimentos funcionales, macaroni, ramen, viabilidad.

Abstract. The objective of the research was to study the effect of the elaboration of macaroni pasta and ramen on the viability of the probiotic *Bacillus coagulans* during its processing. The treatments analyzed were: drying of macaroni 55 °C for 18 hours and 45 °C for 24 hours, frying of ramen 60 seconds at 177 °C and 120 seconds at 135 °C. The samples were prepared, dried, fried and cooked at the facilities of the Nebraska food processing pilot plant, UNL. Analysis of color, humidity, weight gain, cooking and microbiological count were made for each stage of the elaboration of both pastes. A completely randomized design was used with two evaluations with measures repeated over time (one week and two months for macaroni pasta). The data were analyzed using an ANDEVA with a DUNCAN separation of means. The results obtained showed that there was no significant difference between the treatments evaluated for both the macaroni pasta and the ramen pasta. The viability of macaroni pasta after two months resulted in a decrease in it. The final count showed that macaroni pasta from treatment 1 cooked despite obtaining 5.13 Log CFU/g, and cooked ramen pasta 2.73 Log CFU/g in its final count, are not considered as a food with probiotic, since the minimum for are considered as such is 6 Log CFU/g. It is recommended to make new formulations with higher probiotic content.

Key words: Functional foods, macaroni, ramen, viability.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	19
5. RECOMENDACIONES.....	20
6. LITERATURA CITADA	21
7. ANEXOS	25

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de formulaciones para la elaboración de la pasta macaroni y ramen	4
2. Descripción de los tiempos y temperaturas de secado aplicado a la pasta macaroni	4
3. Descripción de ajustes en laminadora de pasta ramen	5
4. Descripción del tiempo y temperatura de freído aplicado a las pastas.....	6
5. Recuento total microbiológico luego del proceso de extrusión pasta macaroni	9
6. Recuento total microbiológico de macaroni después del proceso de secado (T1 a 55 °C/18 h, T2 a 45 °C/24 h) y cocinado (100 °C/10 min)	10
7. Recuento microbiológico para tratamientos de macaroni a dos meses	11
8. Resultados de color para macaroni seco.....	12
9. Resultados de color para pasta macaroni después del proceso de secado (T1 a 55 °C / 18 h, T2 a 45 °C / 24 h) y cocinado (100 °C / 10 min).....	12
10. Resultados de contenido de humedad para pasta macaroni seca y macaroni cocinada.....	13
11. Resultados de ceniza para pasta macaroni después del proceso de secado (T1 a 55 °C / 18 h, T2 a 45 °C / 24 h)	14
12. Resultados de aumento de peso y tiempo de cocción para pasta macaroni	14
13. Resultados de recuento microbiológico para pasta ramen formada y hervida	15
14. Resultados de recuento microbiológico para pasta ramen frita (T1 a 177 °C / 60 y T2 a 135 °C / 120 s) y cocida (100 °C / 6 min).....	16
15. Resultados de color para la pasta de ramen después del proceso de freído (T1 a 177 °C / 60 s y T2 a 135 °C / 120 s).....	17
16. Resultados de color para pasta ramen cocinada	17
17. Resultados de humedad pasta ramen frita y cocinada	18
18. Resultados de ceniza para pasta de ramen frita (T1 a 177 °C / 60 s y T2 a 135 °C / 120 s).....	18
Anexos	Página
1. Flujo de proceso pasta macaroni.	25
2. Flujo de proceso pasta ramen.	26

1. INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria es cada vez más competitiva, razón por la cual es necesario desarrollar nuevos productos que sean diferenciados, con mayor practicidad o funcionalidad (Khan *et al.* 2011). Este último factor se ha marcado bien en los últimos años, puesto que cada vez, los consumidores exigen más productos que proporcionen un beneficio para la salud, y éstos son los llamados alimentos funcionales (Saarela *et al.* 2000). Las actividades fisiológicas de los alimentos funcionales pueden ocurrir en los sistemas cardiovascular, gastrointestinal, y neuronal, y puede tener efectos antioxidantes y antiinflamatorios (Rodríguez *et al.* 2016).

En los últimos años, el desarrollo de nuevos productos como un vehículo para la ingesta de probióticos ha aumentado. De acuerdo con estudios realizados, los alimentos comunes relacionados con probióticos (productos lácteos) no contienen suficientes poblaciones viables durante su vida útil (Irkin y Guldas 2011; Samona y Robinson 1994), ya que la concentración o dosis terapéutica mínima por día de ingesta de las bacterias probióticas presentes en el alimento debe ser de aproximadamente 100 gramos de bioproducto que contenga $6 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$ como mínimo de células viables por mililitro o gramo (Vuyst 2000).

En el mundo, el arroz, trigo, maíz, y en menor medida el sorgo, son los granos más importantes y críticos para la supervivencia diaria de miles de millones de personas, ya que alrededor del 50% de la ingesta calórica se deriva directamente del consumo de granos (Awika 2011). Aproximadamente el 50% de hogares hondureños independientemente de su nivel socioeconómico, cuentan en su canasta básica con el producto pasta o como patrón de consumo (Menchú y Méndez 2012). La alta comercialización y aceptabilidad de pasta a nivel mundial se debe a factores como: bajo costo, fácil preparación y almacenamiento, lo cual lo convierte en un alimento de consumo masivo (Sabanis *et al.* 2006).

En 1908 el científico ucraniano Metchnikoff, afirmó que la ingesta oral de cultivos de bacterias fermentativas generaría beneficios en el tracto intestinal, introduciendo así a los probióticos. En 2001, la Organización Mundial de la salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) los definieron como: " microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, tienen un efecto beneficioso en la salud del hospedero" (FAO / OMS 2002).

Los beneficios de los probióticos ocurren por sus mecanismos de acción, capaces de favorecer el ecosistema intestinal, por sustancias antioxidantes que disminuyen la inflamación en el intestino (Araujo *et al.* 2015). Además, estos tienen la capacidad para

combatir microorganismos patógenos que representan un peligro potencial para la salud intestinal (Irkin y Guldás 2011).

Los probióticos son productos reconocidos como seguros, ya que muchas especies son residentes habituales del aparato digestivo humano, por lo que no hay infectividad o toxicidad (Guarner 2011). *Bacillus coagulans* es una cepa formadora de esporas que presenta la capacidad para soportar procesos de alta temperatura (Keller *et al.* 2010). El uso de *Bacillus coagulans* de acuerdo a estudios ha demostrado ayuda contra la intolerancia a la lactosa, infecciones gastrointestinales, dispepsia, hipercolesterolemia, vaginitis inespecífica e infecciones del tracto urinario (Jafari *et al.* 2017). También se sugieren como adyuvantes de la terapia con antibióticos y potenciadores de la respuesta inmune del huésped (Drago y Vecchi 2009).

El uso de probióticos en la industria alimentaria se ha limitado por el efecto de las condiciones de procesos, que generan estrés, dando como resultado una reducción de su recuento total en el producto (<6 Log UFC/g). La presente investigación se basó en la elaboración de dos pastas de trigo incorporando el probiótico esporulado *Bacillus coagulans* por su aporte en las funciones fisiológicas. En este estudio se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de diferentes condiciones de proceso de la pasta macaroni y ramen sobre la viabilidad de *Bacillus coagulans* ProDURA.
- Determinar el efecto sobre las características fisicoquímicas de la pasta de ramen y macaroni con la presencia del probiótico sometido a diferentes condiciones de procesamiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

La investigación tuvo lugar en la Universidad de Nebraska- Lincoln (UNL), Estados Unidos, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos en las instalaciones del Centro de Procesamiento de Alimentos (FPC) y del Laboratorio de Microbiología de la UNL, asimismo, tomó lugar en la Universidad Agrícola Panamericana Zamorano, en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) y el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ).

Materiales.

La materia prima usada fue de la marca General Mills harina de trigo (*Triticum durum*) tipo duro, agua, probiótico liofilizado (ProDura *Bacillus coagulans*, cepa Unique IS-2).

Elaboración de las pastas.

Las pastas fueron elaboradas en el centro de procesamiento de alimentos de la UNL.

Pasta macaroni.

Formulación. Para la elaboración de la masa de la pasta se utilizó semolina de trigo duro marca General Mills. La formulación fue elaborada siguiendo la metodología propuesta por Hou (2010) para los tratamientos 1 y 2, y la cantidad de inoculación fue la misma para ambos tratamientos (Cuadro 1). La proporción de ingredientes fue de acuerdo a su peso base de semolina (100%), agua destilada (35%) y Bc-ProDura (1%)

La inoculación teórica de Bc-ProDURA cepa Unique IS-2, fue determinada en base al peso total de la masa (1.36078 kg) (ecuación 1) y de acuerdo a previa investigación (Fares *et al.* 2015). El contenido inicial del producto *Bacillus coagulans* ProDura Unique fue de 2.0×10^{11} UFC/g.

$$\text{Inoculación inicial} = \frac{\text{Peso en gramos de probiótico} \times \text{conteo inicial del probiótico (log10)}}{\text{Peso total de la masa}} \quad [1]$$

Cuadro 1. Descripción de formulaciones para la elaboración de la pasta macaroni y ramen.

Tratamiento	#Tandas (unidad)	Semolina (kg)	Agua destilada (ml)	<i>Bacillus coagulans</i> ProDURA (g)
T1	1,2,3	1.36078	476.27	13.60
T2	1,2,3	1.36078	476.27	13.60
C1	1,2,3	1.36078	476.27	No
C2	1,2,3	1.36078	476.27	No

T1: tratamiento 1; T2 tratamiento 2; C1: control 1; C2: control 2

Pesado. Se utilizó una balanza analítica Ohaus 5000 para realizar el pesado de los siguientes ingredientes; semolina (General Mills), agua destilada, probiótico liofilizado ProDURA. El pesado del probiótico se realizó en el laboratorio de Microbiología de la UNL en bolsas estériles para su posterior adición a la masa.

Mezclado. Se mezclaron los ingredientes secos con la mezcladora KitchenAid 600, por dos minutos a una velocidad #2 (60 rpm), luego se añadió el agua destilada y se mezcló por 20 minutos a velocidad #4 (120 rpm) con el fin de obtener una masa homogénea, la cual se dejó reposar en una bolsa plástica para una mejor hidratación y homogeneidad de la misma.

Extrusión en frío. Para este proceso se usó la extrusora de un solo tornillo de baja cizalla Pama Roma P/25-N, donde se sometió a la masa por el dado con forma de macaroni, a una temperatura interna de 30.5 °C. Las masas fueron cortadas mediante cuchillas rotatorias a una velocidad de 30 rpm dando un tamaño de macaroni de 6 mm.

Secado de las muestras. Haciendo uso del equipo Secador Caron 60-40. Se realizó el secado de las muestras de pasta, las cuales se clasificaron en cuatro tratamientos diferentes de temperatura y tiempo de secado (cuadro 2). El secado de la pasta fue realizado según la metodología de Kill y Turnbull (2008), los cuales establecen el parámetro de uso de bajas temperaturas de secado continuo por largo tiempo a una humedad relativa de 70%.

Cuadro 2. Descripción de los tiempos y temperaturas de secado aplicado a la pasta macaroni.

Tratamientos macaroni	Tiempo de secado (horas)	Temperatura de secado (°C)
SMT1 (Con probiótico)	18	55
SMT2 (Con probiótico)	24	45
SMC1 (Sin probiótico)	18	55
SMC2 (Sin probiótico)	24	45

SMT1: secado pasta macaroni tratamiento 1; SMT2 secado pasta macaroni tratamiento 2; SMC1: secado pasta macaroni control 1; SMC2: secado pasta macaroni control 2.

Cocción de las pastas. Para determinar el aumento de peso se utilizó la ecuación 2. De acuerdo a la metodología de cocción AACC 16-50 (1995) se tomaron 10 g de la muestra seca y se adicionó 140 ml de agua destilada. El tiempo de cocción fue determinado por la gelatinización de la pasta, por método de compresión contra un portaobjetos como base, resultando en pegajosidad. Este parámetro puede ser determinado por la presencia de línea de sólidos en la mitad de la olla de cocción, aproximadamente al minuto 10 (Ramírez Chicas 2015).

El análisis de peso fue determinado usando la ecuación 2, los parámetros cantidad de muestra, cantidad de agua destilada y tiempo de cocción de pasta fueron según lo establecido anteriormente.

$$\text{Aumento de peso: } \frac{P_2 - P_1}{P_2} \times 100 \quad [2]$$

P1: Peso de la muestra macaroni cruda.

P2: Peso de la muestra macaroni cocinada.

Almacenamiento. La pasta fue almacenada en bolsas Ziploc 10 9/16 pulg × 10 3/4 pulg, hasta posteriores análisis.

Pasta ramen.

Formulación, pesado y mezclado. Se utilizó como base la formulación de la pasta macaroni, con el mismo porcentaje de probiótico para cada tratamiento, en la cual se ajustó el porcentaje de agua con respecto al peso total de la semolina a un 31% según Hou (2010). El pesado de los ingredientes se realizó usando la balanza analítica Ohaus 500. El procedimiento de mezclado usado fue el mismo que para pasta macaroni detallado anteriormente.

Formación de fideos. Para este proceso se utilizó el equipo Sheet Presser Marcato [MCH-GN], las masas fueron pasadas a través de rodillos de la laminadora en orden (1,2,3,4), con respecto a distancias entre rodillos, con el fin de obtener una masa homogénea en grosor de aproximadamente 1.1 mm (Cuadro 3). Seguidamente se adjuntó una cortadora con distancia de 2 mm entre cada ranura, que finalmente dio como resultado fideos de 2 mm de ancho.

Cuadro 3. Descripción de ajustes en laminadora de pasta ramen.

Orden	Número de ajuste de rodillo	Distancia entre rodillo (mm)	Número de pasadas
#1	7	<0.06	1
#2	5.5	3.8	3
#3	6	2.4	2
#4	6.5	1.1	2

Hervido de las pastas. Las pastas fueron sometidas a vapor (99-100 °C) haciendo uso de la cámara para hervido a vapor de fideos durante 4 minutos para desnaturalizar la proteína y gelatinizar el almidón.

Freído de las pastas. Los fideos se sumergieron en aceite de palma haciendo uso de una freidora Vulcan LG 300 a un tiempo y temperatura diferente según cada tratamiento (Cuadro 4). El aceite se escurrió colocando en un papel absorbente los fideos fritos durante 10 minutos. Los fideos fritos se almacenaron en bolsas de plástico Ziploc (10 9/16 pulg. x 10 3/4 pulg) y se mantuvieron a temperatura ambiente hasta un análisis posterior. El freído de las pastas fue realizado según la metodología de Dana y Saguy (2006).

Cuadro 4. Descripción del tiempo y temperatura de freído aplicado a las pastas.

Tratamiento	Tiempo de freído (seg)	Temperatura de freído (°C)
FRT1 (Con probiótico)	60	177
FRT2 (Con probiótico)	120	135
FRC1 (Sin probiótico)	60	177
FRC2 (Sin probiótico)	120	135

FRT1: pasta ramen frita tratamiento 1; FRT2 pasta ramen frita tratamiento 2; FRC1: pasta ramen frita control 1; FRC2: pasta ramen frita control 2.

Cocción de las pastas. Se utilizó la metodología detallada con anterioridad, al ser una pasta precocida, su tiempo de cocción va de 6-7 min.

Análisis realizados a los dos tipos de pasta.

Análisis de humedad. La metodología utilizada para este análisis se llevó a cabo haciendo uso de un horno con aire forzado a 105 °C Fisher Scientific.AOAC 952.08. Los análisis fueron realizados en triplicado para cada tratamiento. Se pesó 3 ± 0.005 g de las pastas macaroni y ramen, se introdujeron dentro de crisoles previamente secados la noche anterior (105 °C) y se tomó el peso exacto haciendo uso de la balanza analítica Ohaus 5000(C+MH). Las muestras se colocaron en el horno de aire forzado a 105 °C durante 24 horas.

Los contenidos de humedad de las pastas se determinaron haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{(C+MH) - (C+MS)}{(C+MH) - (C)} \times 100 \quad [3]$$

Donde:

C+MH= Peso de la muestra (g) + crisol seco (g).

C+MS= Peso de la muestra seca (g) + crisol seco (g).

C: Peso del crisol seco (g).

Análisis de cenizas. Se realizó el análisis de cenizas mediante el método AOAC 2011 utilizando la mufla Lindberg blue. Se pesaron 3.0000 g ± 0.0005 de las pastas macaroni y ramen. Se colocaron las muestras por triplicado en crisoles de porcelana previamente secados a 105 °C, luego se ubicaron los crisoles en la mufla a 500 °C por 8 horas. Para determinar el contenido de cenizas totales se usó la siguiente ecuación:

$$\%CZ = \frac{(Z) \times 100}{(MH)} \quad [4]$$

Donde:

Z: Peso cenizas (g).

MH: Muestra húmeda (g).

Análisis de color. Este análisis se realizó usando el equipo Konica Minolta Eclipse Color - CIELAB, con tres réplicas por cada tratamiento. Se tomaron 10 gr de cada muestra y tratamiento según cada proceso o estadio de la pasta. Para macaroni se realizó para procesos de cocinado, secado y extruido. Para la pasta ramen se realizó para procesos de cocinado, freído, hervido, luego de haber pasado por los rodillos para su formación. La escala utilizada fue L*, a*, b*.

Análisis microbiológicos. Los análisis microbiológicos se realizaron para cada uno de los tratamientos por estadios según cada pasta. Para la pasta macaroni se sembraron platos en cada uno de los siguientes estadios: pasta extruida, secada y cocinada para los dos tratamientos y sus controles (Cuadro 5). El recuento del probiótico para la pasta macaroni fue evaluado luego de dos meses en las instalaciones del Laboratorio de Microbiología de Alimentos Zamorano (LMAZ).

Para la pasta ramen se sembraron los siguientes estadios: fideo formado, hervido, frito y cocinado. Las diluciones sembradas fueron las mismas que para la pasta ramen. Todas las siembras se realizaron por el método de siembra por superficie en el medio Agar de Soja Tríplico o TSA (por sus siglas en inglés: Tryptic Soy Agar). La temperatura de incubación utilizada fue de 55 °C debido a ser óptima para *Bacillus coagulans* (Keller *et al.* 2010). Adicionalmente, la viabilidad del probiótico fue evaluada por cada proceso, por una semana de realizada las pastas, y luego de dos meses en las instalaciones del laboratorio de microbiología de Zamorano.

Diseño estadístico. Se analizó cada pasta (macaroni y ramen) por separado utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA) donde se evaluó el efecto de dos tratamientos de temperaturas y tiempos de secado para la pasta macaroni y de igual forma dos tiempos y temperaturas de freído para la pasta ramen, sobre la viabilidad del probiótico *Bacillus coagulans* durante estadios específicos de procesamiento de cada pasta (anexo 18 y 19). Se realizaron dos evaluaciones con medidas repetidas en el tiempo (dos meses para la pasta macaroni) usando LSmeans. Los datos fueron analizados usando un ANDEVA con una separación de medias DUNCAN con un nivel de confiabilidad del 95% (P<0.05), utilizando el programa de análisis estadístico SAS® 9.4.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pasta macaroni.

Análisis microbiológicos. El primer análisis microbiológico fue determinado para la pasta macaroni luego del proceso de extruido. Las pastas fueron realizadas en triplicado para cada tratamiento y control como fue detallado en el Cuadro 1.

Para esto, las masas de las pastas que se destinaron para aplicarse un posterior tratamiento térmico de secado, fueron las primeras en ser evaluadas microbiológicamente, y de esta forma determinar el recuento inicial en la pasta una vez ya formada, donde se obtuvo un recuento significativamente diferente ($P < 0.05$) entre la masa de pasta con probiótico y la masa sin la presencia del mismo (Cuadro 5).

De acuerdo a Bora (2009) y colaboradores, las esporas de *Bacillus coagulans* presentan una reducción en viabilidad cuando son sometidas a procesos industriales, ya que poseen una alta sensibilidad a cortes y fricción por procesos mecánicos ocasionados a la matriz en el cual se encuentra agregado el probiótico. Para la elaboración de este tipo de pasta, la extrusora debe cumplir con parámetros de forma y tamaño (Hou 2010), por lo que la pasta necesariamente debía pasar por el proceso de extruido en frío (Pushpak *et al.* 2009).

La pasta extruida sin presencia del probiótico mostró un recuento de $3.93 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$, el cual se tomó en cuenta como una micro flora natural presente en la semolina de trigo utilizada para la elaboración de la pasta, y fue determinada por previos estudios de morfología de especies de *Bacillus*, como *Bacillus lincheniformes* (Martínez 2018).

En la literatura se demuestra que un contenido de hasta $3.4 \pm 3.1 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$ en harina de trigo es considerado como microflora del mismo (Kramer y Gilbert 1989). De todas las especies de *Bacillus*, el *Bacillus lincheniformes* es el que presenta el mayor porcentaje de presencia natural en granos de trigo con un 48.2% en presencia (Rosenkvist y Hansen 1995).

La determinación de la presencia de *Bacillus coagulans* se basó en la morfología del mismo, mediante la realización de una tinción de Gram. Los resultados estadísticos detallados en el cuadro 5 poseen un coeficiente de variación de 2.29, el cual refleja que el experimento fue conducido correctamente, se controló el error experimental y no existe una elevada diferencia entre las repeticiones de los tratamientos.

Cuadro 5. Recuento total microbiológico luego del proceso de extrusión pasta macaroni.

Tratamientos	Log ₁₀ UFC/g Media ± D. E
Extruido (con probiótico)	6.78 ± 0.13 ^a
Extruido (sin probiótico)	3.93 ± 0.04 ^b
C.V. (%)	2.29

^{a-b} diferente letra representa diferencias significativa P < 0.05

D.E: Desviación estándar.

El posterior análisis se realizó para la pasta luego de haber sido sometida a un proceso de secado y cocinado (Cuadro 6). Los tratamientos evaluados se basaron en diferentes tiempos y temperaturas de secado, partiendo del tratamiento 1 (55 °C - 18 horas) y el tratamiento 2 (45 °C - 24 horas), y ambos tratamientos se sometieron a un tiempo de cocción promedio de 10.14±0.11 min. Se obtuvo que entre tratamientos (1 y 2) de secado no existió una diferencia significativa para considerar que hay un efecto en el recuento final de probiótico con un cambio en 15 °C y 6 horas de secado, de igual forma entre el control 1 y control 2 (sometidos al mismo tiempo y temperatura que el tratamiento 1 y 2) no existió una diferencia entre recuentos del probiótico.

Una vez sometidos al proceso de cocción, las pastas controles sin la adición del probiótico expresaron una reducción significativa del recuento inicial de microflora presente en la harina, siendo de 0.71Log₁₀ UFC/g para el control 1, y de 0.66 Log₁₀ UFC/g para el control 2. Esta reducción es considerada correcta debido a que estudios previos demuestran una reducción de aproximadamente 1 Log₁₀ UFC/g durante el proceso de cocción de harina de trigo (Rosenkvist 2000). El contenido final en la pasta control se encuentra dentro del límite establecido de 10⁴ de *Bacillus spp.* (Stannard 1997).

El recuento de la pasta seca comparada contra la pasta cocinada, pasó de 6.40 Log₁₀ UFC/g a 5.13Log₁₀ UFC/g, mostrando una reducción significativa de 1.22 Log₁₀ UFC/g, además de un efecto en el uso de temperaturas de cocción (100 °C) sobre el conteo del probiótico en el tratamiento 1. De igual forma se muestra para el tratamiento 2 con una reducción significativa de 1.71 Log₁₀ UFC/g.

Estudios anteriores evidencian una disminución en conteo durante el proceso de cocción de pasta por 11 minutos de 7.0 a 6.32 ± 0.07 Log₁₀ UFC/g, para el cual la literatura resalta una pérdida del recuento microbiológico para *Bacillus coagulans* cuando éste es sometido al proceso de cocción, representando una reducción de 1 a 2 Log₁₀ UFC/g, la cual es independiente al tiempo de cocción (Fares *et al.* 2015).

La viabilidad durante los procesos de extruido y secado se realizó usando la ecuación #5, se usó como referencia (100% de viabilidad) el conteo UFC/g de la pasta extruida. Al compararla contra el conteo UFC/g de la pasta seca se obtuvo una viabilidad del 40% para el tratamiento 1 y del 66% para el tratamiento 2.

La viabilidad durante las etapas de secado y cocinado fue de 5.94% para el tratamiento 1 y 1.92%. Al comparar la viabilidad del probiótico desde el proceso de extruido hasta el cocinado fue de 2.3% para el tratamiento 1, y de 1.3% para el tratamiento 2.

$$\%viabilidad: \frac{UFC \text{ después de exposición a tratamiento}}{UFC \text{ antes de exposición a tratamiento}} \times 100 \quad [5]$$

Cuadro 6. Recuento total microbiológico de macaroni después del proceso de secado (T1 a 55 °C/18 h, T2 a 45 ° C/24 h) y cocinado (100 °C/10 min).

Tratamientos	Log₁₀ UFC/g Media ± D. E
T1 Seca (con probiótico)	6.40 ± 0.41 ^a
T2 Seca (con probiótico)	6.60 ± 0.13 ^a
T1 Cocinada (con probiótico)	5.13 ± 0.15 ^b
T2 Cocinada (con probiótico)	4.86 ± 0.59 ^b
T1 Control seca (sin probiótico)	3.60 ± 0.44 ^c
T2 Control seca (sin probiótico)	3.66 ± 0.27 ^c
T2 Control cocinada (sin probiótico)	3.03 ± 0.53 ^{cd}
T1 Control cocinada (sin probiótico)	2.86 ± 0.46 ^d
C.V. (%)	8.66

^{a-b} diferente letra representa diferencias significativas entre tratamientos P < 0.05.

D.E: Desviación estándar.

El siguiente análisis se realizó comparando el contenido de probiótico de la pasta macaroni durante dos meses. Las pastas comerciales tienen una vida útil de aproximadamente un año en estado seco. Por ende, se evaluó la resistencia del probiótico durante dos meses, en los cuales la pasta seca mostró una pérdida significativa para cada tratamiento evaluado a través del tiempo. Cabe mencionar que el probiótico durante este tiempo fue sometido a un estrés de transporte desde las instalaciones de la Universidad de Nebraska, USA hasta Zamorano, Honduras, para posteriores análisis.

En el cuadro 7 se muestra el recuento obtenido luego de dos meses en la pasta macaroni seca. Para la cual se muestra una diferencia estadística entre el mes 0 y el 2, sin embargo, en el mes 2 entre los dos tratamientos no existió una diferencia significativa. El recuento final de la pasta macaroni del tratamiento 1 seco obtuvo 5.04 log y para el tratamiento 2 fue de 4.80 Log₁₀ (UFC/g), lo cual no es considerado como un alimento con probiótico, ya que el mínimo a poseer de acuerdo a Vuyst (2000) para ser considerada como tal es de 6 Log₁₀ (UFC/g).

Cuadro 7. Recuento microbiológico para tratamientos de macaroni a dos meses.

Tratamientos	Log ₁₀ UFC/g	Log ₁₀ UFC/g	C.V. (%)
	mes 0* Media ± D. E	mes 2* Media ± D. E	
T1 Seca (con probiótico)	6.40±0.41 ^a _x	5.04 ±0.34 ^a _y	3.48
T2 Seca (con probiótico)	6.60±0.13 ^a _x	4.80±0.19 ^a _y	1.51
T2 Control seca (sin probiótico)	3.66±0.27 ^b _x	2.68±0.02 ^b _y	7.14
T1 Control seca (sin probiótico)	3.60±0.44 ^b _x	2.73±0.02 ^b _y	9.81
C.V. (%)	0.30	0.30	

^{a-b} diferentes letras representan una diferencia significativa $P < 0.05$ entre los tratamientos.
^{x-y} diferentes letras representan diferencias significativas $P < 0.05$ entre el tiempo de muestreo.

D.E: Desviación estándar.

Mes 0*: antes de almacenamiento.

Mes 2*: después de almacenamiento.

La viabilidad del probiótico por tratamientos luego del almacenamiento fue de 4.55% para el tratamiento 1 y de 1.57% para el tratamiento. Por lo que para la pasta macaroni, las diferencias en viabilidad no fueron estadísticamente significativa después de secar a 55 °C / 18 h o 45 °C / 24 h.

Análisis de color. El siguiente análisis se realizó comparando el color de la pasta macaroni durante sus dos estadios: pasta seca y cocinada. En el cuadro 8 se muestra que hubo diferencia significativa entre las muestras, pero solo en la escala de a*, la cual representa pigmentaciones rojas si el valor es positivo (+60) y tonalidades verdes (-60) si este es negativo. Para los tratamientos con la adición de probiótico se muestra un incremento en esta escala, reflejando un efecto sobre el color del macaroni debido a la mezcla del color café/marrón del probiótico.

Para la escala de L*, la cual refleja la luminosidad (100 blanco 0 negro) se muestra un ligero (no significativo $P > 0.05$) cambio entre los tratamientos y los controles, donde la tonalidad de las pastas controles fue más clara que la de los tratamientos. Para la escala de b*, en la cual se representa el color amarillo para sus valores positivos (+60) y el color azul para los valores negativos (-60) (Torres 2010), no existió diferencia significativa entre los tratamientos y controles. Este análisis se realizó 48 h luego de haber sido elaborada la pasta macaroni.

Cuadro 8. Resultados de color para macaroni seco.

Tratamientos	Color (L*)	Color (a*)	Color (b*)
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
T1 Seca (con probiótico)	49.77 \pm 1.25 ^a	-1.2 \pm 0.4 ^a	11.48 \pm 0.96 ^a
T2 Seca (con probiótico)	51.16 \pm 2.68 ^a	-1.1 \pm 0.3 ^a	12.07 \pm 3.24 ^a
T2 Control seca (sin probiótico)	53.43 \pm 1.93 ^a	-2.2 \pm 0.2 ^b	12.66 \pm 2.06 ^a
T1 Control seca (sin probiótico)	53.71 \pm 2.11 ^a	-2.2 \pm 0.3 ^b	13.88 \pm 0.80 ^a
C.V. (%)	3.96	0.74	2.85

^{a-b} letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos P < 0.05.

D.E: Desviación estándar.

Tratamiento 1 18 horas a 55 °C.

Tratamiento 2: 24 horas a 45 °C.

Según NAEGA(2011) un fideo debe tener un valor L* de 72 a las 24 horas de la producción, siendo así con la pasta control luego del proceso de cocción del mismo (cuadro 9). Es importante mencionar que la tonalidad amarilla en la pasta es afectada por factores como el contenido de pigmento carotenoide inherente de las semillas de trigo (Irvine y Anderson 1953). En este cuadro se continúa presentando el cambio en la escala a*, además de obtener un R² de 0.81, el cual significa que los resultados obtenidos en esta escala son explicados en un 81% por el modelo lineal influido por la presencia o ausencia del probiótico.

Cuadro 9. Resultados de color para pasta macaroni después del proceso de secado (T1 a 55 ° C / 18 h, T2 a 45 ° C / 24 h) y cocinado (100 ° C / 10 min).

Tratamientos	Color (L*)	Color (a*)	Color (b*)
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
T1 Cocinada (con probiótico)	68.02 \pm 1.20 ^a	1.42 \pm 0.49 ^a	15.22 \pm 1.6 ^a
T2 Cocinada (con probiótico)	67.84 \pm 2.40 ^a	1.21 \pm 0.05 ^a	12.46 \pm 1.4 ^a
T2 Control cocinada (sin probiótico)	72.51 \pm 3.62 ^a	0.06 \pm 0.70 ^b	12.07 \pm 2.0 ^a
T1 Control cocinada (sin probiótico)	71.39 \pm 1.90 ^a	0.21 \pm 0.43 ^b	11.69 1.5 ^a
C.V. (%)	3.87	0.60	2.84

^{a-b} letras diferentes representan diferencias significativas P < 0.05.

D.E: Desviación estándar.

Tratamiento 1 18 horas a 55 ° C.

Tratamiento 2: 24 horas a 45 ° C.

Análisis de humedad. El siguiente análisis se realizó para la pasta seca y cocinada. En el cuadro 13 se muestra el contenido de humedad tanto para los tratamientos como para los

controles <13.5%, el cual de acuerdo a la norma venezolana en pastas de sémola de trigo Durum es lo ideal (COVENIN 1994).

El Codex Alimentarius (2006) y la NTE (2000) establecieron como parámetro <14%, para lo cual también cumplen con la norma las muestras. El parámetro de humedad debe mantenerse bajo debido a que éste afecta sobre el tiempo de cocción. Además, al poseer mayor contenido de humedad, disminuye el de peso y el de volumen de la pasta (Santos *et al.* 2013).

Entre tratamientos y controles no existió diferencia significativa durante el estadio seco, sin embargo, para las pastas cocinadas sí. El tratamiento 1 obtuvo un mayor contenido de humedad, con un valor de 68.71 ($P < 0.05$) en comparación con el resto de tratamientos y controles.

Cuadro 10. Resultados de contenido de humedad para pasta macaroni seca y macaroni cocinada.

Tratamientos	Humedad (%) Media \pm D. E
T1 Seca (con probiótico)	9.57 \pm 1.77 ^c
T2 Seca (con probiótico)	7.56 \pm 0.26 ^c
T2 Control seca (sin probiótico)	8.44 \pm 0.48 ^c
T1 Control seca (sin probiótico)	8.30 \pm 0.43 ^c
T1 Cocinada (con probiótico)	68.71 \pm 3.37 ^a
T2 Cocinada (con probiótico)	63.11 \pm 0.73 ^b
T1 Control cocinada (sin probiótico)	63.28 \pm 2.71 ^b
T2 Control cocinada (sin probiótico)	66.46 \pm 4.02 ^b
C.V. (%)	6.20

^{a-c} diferente letra representa diferencias significativas entre tratamientos $P < 0.05$.

D.E: Desviación estándar.

Análisis de cenizas. El siguiente análisis se realizó para la pasta macaroni seca. De acuerdo a Díaz (2008), las cenizas son el contenido en sales minerales del producto, sin embargo, no se especifica la cantidad de cada elemento, por lo que su contenido es limitado. Se muestra en el cuadro 14 que existió un incremento significativo de cenizas en los tratamientos y controles, donde el tratamiento 1 es el que posee mayor cantidad de cenizas con aproximadamente 1.2%, sin embargo, a pesar de ser un valor alto, éste se encuentra dentro del límite establecido para cenizas en una pasta seca de trigo durum, siendo este de 1.2% exacto (ICONTEC 2007).

Cuadro 11. Resultados de ceniza para pasta macaroni después del proceso de secado (T1 a 55 °C / 18 h, T2 a 45 °C / 24 h).

Tratamientos	Cenizas (%) Media ± D.E
T1 Seca (con probiótico)	1.12 ± 0.13 ^{ab}
T2 Seca (con probiótico)	1.28 ± 0.15 ^a
T2 Control seca (sin probiótico)	0.83 ± 0.04 ^{bc}
T1 Control seca (sin probiótico)	0.51 ± 0.49 ^c
C.V. (%)	17.67

^{a-c} diferente letra representa diferencias significativas entre tratamientos P < 0.05.

D.E: Desviación estándar.

Análisis de aumento de peso y tiempo de cocción. Para este análisis se obtuvo que la proporción más alta de aumento de peso fue para el tratamiento 1 (cuadro 9), con un incremento de 63.48%. Este parámetro refleja el rendimiento de la pasta y absorción de agua de la misma (Teba 2009). Los incrementos fueron desde 63.48 hasta 60.17%, y la pasta que presentó la menor ganancia de peso fue la del control 2 (sin presencia del probiótico). A pesar de esto todas las pastas evaluadas cumplen con el parámetro de que todas deben duplicar su peso inicial (Becerra 1985).

De acuerdo a Hummel (1996), un incremento de peso <100% se considera aceptable. El tiempo de cocción es considerado como el tiempo necesario para eliminar el color blanco del centro de la pasta (parte no hidratada). Se obtuvo un aumento 0.10 minutos entre los tiempos de cocción entre los tratamientos contra los controles. Sin embargo, no existió una diferencia significativa debido a que solo se utilizó la materia prima de sémola de trigo como base. La misma demostró un grado de absorción de agua en un tiempo promedio de 10.09 minutos entre todas las muestras evaluadas.

Cuadro 12. Resultados de aumento de peso y tiempo de cocción para pasta macaroni.

Tratamientos	Aumento de peso (%) ± D.E	Tiempo de cocción (minutos) ± D.E
T1 Cocinada (con probiótico)	63.48 ± 1.39 ^a	10.14 ± 0.11 ^a
T2 Cocinada (con probiótico)	60.68 ± 0.97 ^{ab}	10.14 ± 0.11 ^a
T1 Control cocinada (sin probiótico)	61.94 ± 1.74 ^{ab}	10.03 ± 0.01 ^a
T2 Control cocinada (sin probiótico)	60.17 ± 1.35 ^b	10.04 ± 0.03 ^a
C.V. (%)	2.52	0.68

^{a-b} diferente letra representa diferencias significativa P < 0.05

D.E: Desviación estándar.

Ramen.

Análisis microbiológicos. El recuento de probiótico *Bacillus coagulans* para la pasta ramen fue evaluado durante estadios de: formación de los fideos en los rodillos, hervido de la pasta, freído y cocinado. El conteo inicial de referencia del probiótico se tomó luego del proceso de formado de la pasta el cual fue de 6.96 Log₁₀ UFC/g (100% viabilidad). De acuerdo al cuadro 13 las pastas formadas comparadas contra la hervida poseen diferencia estadística.

Al comparar el conteo inicial del probiótico luego del proceso de formado, contra las muestras de pasta hervida una viabilidad de 1.59% (ecuación 5). Las pastas control tipo ramen presentaron un conteo inicial de microflora natural influenciada por el uso de semolina de trigo como base de las pastas. A pesar de esto, el recuento se encuentra dentro de lo permitido por “Professional Food Microbiology Group” para pastas de trigo previo al proceso de cocción (Stannard 1997).

De igual forma que para la pasta macaroni la presencia del probiótico en la matriz fue determinada por morfología. El proceso de hervido fue el primer proceso en el cual se sometió la pasta a una alta temperatura (100 °C por 4 minutos), con el fin de gelatinizar el almidón, y de tal forma obtener una pasta precocida con un menor tiempo de cocción (Hou 2010).

Cuadro 13. Resultados de recuento microbiológico para pasta ramen formada y hervida.

Tratamientos	Log₁₀UFC/g Media ± D. E
Pasta formada (con probiótico)	6.96 ± 0.14 ^a
Pasta formada (sin probiótico)	3.13 ± 0.51 ^c
Pasta hervida (con probiótico)	5.20 ± 0.13 ^b
Pasta hervida (sin probiótico)	2.96 ± 0.54 ^c
C.V. (%)	5.57

^{a-c} diferente letra representa diferencias significativas de los tratamientos P < 0.05.

D.E: Desviación estándar.

Luego, la pasta fue sometida a un proceso de freído, el cual, de acuerdo a Dana y Saguy (2006), le provee a la pasta una desnaturalización de la proteína, reducción en el tiempo de cocción, y además proporciona características organolépticas únicas en las pastas al mejorar su sabor, textura y apariencia. De acuerdo al cuadro 14, luego del proceso de pre cocción y freído la viabilidad del probiótico fue de 0.13% para el tratamiento 1 y de 0.32% para el tratamiento 2. Al comparar la viabilidad de probiótico desde el proceso de formado hasta el cocinado fue de 0.0017% para el tratamiento 1, y de 0.005% para el tratamiento 2.

El recuento final de la pasta ramen del tratamiento 1 cocinado obtuvo 2.23 Log₁₀ (UFC/g) y el tratamiento 2 obtuvo 2.66 Log₁₀ (UFC/g), lo cual no es considerado como un alimento con probiótico, ya que el mínimo a poseer para ser considerada como tal es de 6 log (Vuyst 2000).

Cuadro 14. Resultados de recuento microbiológico para pasta ramen frita (T1 a 177 °C / 60 y T2 a 135 °C / 120 s) y cocida (100 °C / 6 min).

Tratamientos	Log₁₀UFC/g Media ± D. E
T1 Frita (con probiótico)	2.30 ± 0.08 ^a
T2 Frita (con probiótico)	2.70 ± 0.44 ^a
T1 Frita y cocinada (con probiótico)	2.23 ± 0.99 ^a
T2 Frita y cocinada (con probiótico)	2.66 ± 0.56 ^a
C.V. (%)	24.76

^{a-c} diferente letra representa diferencias significativa P < 0.05.

Los controles (sin probiótico) cocinados y fritos fueron menos de 1 Log₁₀ (UFC/g).

D.E: Desviación estándar.

Análisis de color. El siguiente análisis se realizó comparando el color de la pasta ramen con probiótico y sin probiótico. Al igual que para la pasta macaroni (cuadro 15), el impacto se observó en la escala de a*, la cual es la escala de verde (+60 rojo, o -60 verde). De acuerdo a los resultados obtenidos para este estadio de la pasta ramen, no se encontraron diferencias significativas (P>0.05) para las escalas L* y b*.

Para este análisis, se evaluó la pasta ramen luego del proceso de cocido (cuadro 16), el cual, a diferencia de los otros estadios, deja de presentar una diferencia significativa en la escala de a*. De igual forma, la escala de tonalidades amarillas (b*) se redujo comparándola contra la escala de b* del ramen frito, al compararlo entre tratamientos luego de cocción, no se presentó diferencia estadísticamente significativa (P>0.05).

Cuadro 15. Resultados de color para la pasta de ramen después del proceso de freído (T1 a 177 °C / 60 s y T2 a 135 °C / 120 s).

Tratamientos	Color (L*)	Color(a*)	Color(b*)
	Media ± D.E	Media ± D.E	Media ± D.E
T1 Frita (con probiótico)	60.88 ± 5.20 ^a	5.01 ± 0.26 ^a	18.57 ± 2.45 ^a
T2 Frita (con probiótico)	57.38 ± 6.62 ^a	1.74 ± 2.14 ^{bc}	13.48 ± 2.92 ^a
T1 Frita (sin probiótico)	61.75 ± 7.13 ^a	2.10 ± 2.04 ^b	16.83 ± 3.54 ^a
T2 Frita (sin probiótico)	67.62 ± 0.66 ^a	0.69 ± 0.12 ^c	17.35 ± 3.60 ^a
C.V. (%)	7.96	2.11	3.98

^{a-c} diferente letra representa diferencias significativas entre tratamientos P < 0.05.

D.E: Desviación estándar.

En la escala de L*, al igual que en las anteriores, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Es decir, para este análisis luego de cocción, la pasta ramen con tratamiento se comporta igual que una pasta sin la presencia del probiótico, en parámetros de color.

Cuadro 16. Resultados de color para pasta ramen cocinada.

Tratamientos	Color (L*)	Color(a*)	Color(b*)
	Media ± D.E	Media ± D.E	Media ± D.E
T1 cocinada (con probiótico)	63.21 ± 2.64 ^a	3.23 ± 0.69 ^a	13.36 ± 0.53 ^a
T2 cocinada (con probiótico)	67.62 ± 6.83 ^a	0.90 ± 2.41 ^{bc}	13.03 ± 1.70 ^a
T1 cocinada (sin probiótico)	69.90 ± 4.75 ^a	1.01 ± 3.02 ^b	15.80 ± 3.62 ^a
T2 cocinada (sin probiótico)	73.21 ± 7.12 ^a	-0.83 ± 2.86 ^c	14.99 ± 1.50 ^a
C.V. (%)	8.06	4.39	7.87

^{a-c} diferente letra representa diferencias significativas entre tratamientos P < 0.05.

D.E: Desviación estándar.

En el cuadro 17 a continuación, se observó una diferencia significativa clara entre la humedad del ramen frito contra el cocinado. Entre los tratamientos evaluados luego del proceso de freído no se demostró una diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, el tratamiento 2 presentó una mayor humedad, siendo esta de 4.55.

Cuadro 17. Resultados de humedad pasta ramen frita y cocinada.

Tratamientos	Humedad (%) Media±D. E
T1 Frita (con probiótico)	2.84 ± 0.45 ^a
T2 Frita (con probiótico)	4.55 ± 1.96 ^a
T1 Frita (sin probiótico)	3.83 ± 0.04 ^a
T2 Frita (sin probiótico)	6.02 ± 2.91 ^a
T1 cocinada (con probiótico)	66.41 ± 4.49 ^b
T2 cocinada (con probiótico)	64.41 ± 6.30 ^b
T1 cocinada (sin probiótico)	62.92 ± 0.57 ^b
T2 cocinada (sin probiótico)	64.18 ± 1.52 ^b
C.V. (%)	9.07

D.E: Desviación estándar.

^{a-b} diferente letra representa diferencias significativas entre tratamientos P < 0.05.

De igual forma, el control dos tuvo mayor contenido de humedad, siendo de 6.02. Es decir, el freído a temperatura de 135 °C por 120 segundos, resulta en mayor contenido de humedad. A pesar de esto, la pasta del tratamiento dos se sigue encontrando dentro de lo considerado como contenido de humedad aceptable (1 – 6%) (Miyazaki *et al.* 2012).

El siguiente análisis se realizó para la pasta ramen frita. Se muestra en el cuadro 18 que no se presentó incremento significativo de cenizas en los tratamientos y controles, donde el tratamiento 2 es el que posee mayor cantidad de cenizas con aproximadamente 1.2%, sin embargo, a pesar de ser un valor alto, no sobrepasa el límite establecido para pastas de trigo Durum, el cual es de 1.20% (ICONTEC 2007).

Cuadro 18. Resultados de ceniza para pasta de ramen frita (T1 a 177 °C / 60 s y T2 a 135 °C / 120 s).

Tratamientos	Cenizas (%) Media ± D. E
T1 Frita (con probiótico)	1.02 ± 0.11 ^a
T2 Frita (con probiótico)	1.20 ± 0.50 ^a
T1 Frita (sin probiótico)	0.99 ± 0.11 ^a
T2 Frita (sin probiótico)	1.16 ± 0.10 ^a
C.V. (%)	28.06

D.E: Desviación estándar.

4. CONCLUSIONES

- El efecto generado en la viabilidad del probiótico por la elaboración de ambas pastas fue negativo, presentando una reducción en la viabilidad para cada etapa para los dos tratamientos evaluados, por lo que ninguna de las dos pastas puede ser considerada como un producto funcional al obtener un recuento $<6 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$.
- El efecto sobre las características fisicoquímicas de color del ramen, color y humedad de la pasta macaroni, se vieron influenciados por las diferentes condiciones de procesamiento con la presencia del probiótico evaluado en ambas pastas.

5. RECOMENDACIONES

- Verificar la concentración en la formulación probiótica y el porcentaje de esporas versus células vegetativas antes de la inoculación y ajustar la proporción de inoculación del probiótico a la formulación de pasta para alcanzar 8 log UFC/g después del proceso de secado.
- Evaluar la pérdida en la viabilidad del probiótico durante el proceso de extrusión para la pasta macaroni y en la formación del ramen.
- Analizar las características sensoriales de los diferentes tipos de pasta (con y sin probióticos) para identificar preferencias entre la pasta comercial o la pasta con probiótico.
- Evaluar el efecto del pH y la actividad del agua sobre la viabilidad del probiótico.
- Realizar un análisis de costo-beneficio de una pasta comercial contra una pasta con la adición de probiótico.

6. LITERATURA CITADA

AACC (American Association for Cereal Chemistry). 1995. Tiempo de cocción en pasta: 9a ed. Saint Paul (Estados Unidos de America): American Association for Cereal Chemistry. 50p.

AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 2011. Official Methods of Analysis. 18a ed. Washintong D.C. (Estados Unidos de America): Association of Official Agricultural Chemists. 105p.

Araujo N, Gutiérrez A, Ruiz S, Montoya I. 2015. Técnicas para la micro encapsulación de probióticos y el impacto en su funcionalidad. Revista de la asociación colombiana de ciencia y tecnología de alimentos. 23(36): 112-126.

Awika J. 2011. Major cereal grains production and use around the world. Soil & Crop Science Dept./Nutrition and Food Science Dept. Texas A&M. [Consultado 2018 feb 18] 1089(1):1-13. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-2011-1089.ch001>.

Becerra A. 1985. Estudio del efecto de la uniformización de tamaño de particular de la semolina sobre los atributos de calidad de la pasta alimenticia, formato espagueti. [Tesis]. Universidad Nacional Autonoma de Mexico- Mexico.141p.

Codex Alimentarius. 2006. Norma del Codex para los fideos instantáneos. 1a ed. Estados Unidos de America: Codex estandarización. 9p.

COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1994. Normas para pastas alimenticias. 2a ed. Caracas (Venezuela): Norma Venezolana COVENIN. 12 p.

Drago L y De Vecchi E. 2008. Lactobacillus sporogenes or Bacillus coagulans: misidentification or Mislabeled Settore. Microbiologia Clinica. 1(1): 3-10.

Dana D y Saguy I. 2006. Mechanism of oil uptake during deep fat frying and the surfactant effect-theory and myth. Adv. Colloid Interface Sci. C. 128(130): 267-272 p.

Díaz A. 2008. Ampliación de Tecnología de los Alimentos. [internet]. España: ATA; [Consultado 2018 jul 16]. <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/tema1-introduccion.pdf>.

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization). 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. 1a ed. Ontario (Canadá): Secretariat of FAO/WHO. 205p.

Fares C, Menga V, Martina A, Pellegrini N, Scazzina F, Torriani S. 2015. Nutritional profile and cooking quality of a new functional pasta naturally enriched in phenolic acids, added with β -glucan and *Bacillus coagulans* GBI-30, 6086, Journal of Cereal Science. 65 (1): 260-266.

Guarner F. 2011. Guía Práctica de la Organización Mundial de Gastroenterología: Probióticos y prebióticos. Estados Unidos de America: GPOMGP; [Consultado 2018 feb 20]. <http://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-spanish-2011.pdf>.

Hou G. 2010. Book: Asian noodles (Science, technology, and processing). Portland Oregon. 1(1): 80-85.

Hummel C. 1996. Macaroni products: Manufacture processing and Packing. Journal of the science of food and agriculture. 1(1): 272-287.

ICONTEC (Instituto Colombiano de Normalización y Certificación). 2007. Productos de molinería. Pastas alimenticias. NTC 1055. 5a ed. Bogotá (Colombia): ICONTEC.14 p.

Irkin R, Guldás M. 2011. Evaluation of cacao-pudding as a probiotic food carrier and sensory acceptability properties. Acta Agriculture Slovenica. 97(3): 223-232.

Irvine G, Anderson J. 1953. Variation in principal quality factors of durum wheat with a quality prediction test for wheat or semolina. Cereal Chem. 30:334-342.

Jafari S, Amir M, Mortazavian L, Hosseini H, Safaei F, Mousavi A, Anderson S. 2017. Probiotic *Bacillus*: Fate during sausage processing and storage and influence of different culturing conditions on recovery of their spores. Food Research International. 95(1):46-51.

Keller D, Farmer S, McCartney A, Gibson G. 2010. *Bacillus coagulans* as a probiotic. Ganeden Biotech, Mayfield Heights, Ohio, USA. [Consultado 2018 abr 21]. <http://hungli-global.com/system/wp-content/uploads/doc/10.pdf>.

Khan M, Arshad M, Anjum F, Ayesha S, Aneeq-ur-Rehman G, Tariq W. 2011. Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. Food research international. 44(10): 3125-3133.

Kill R y Turnbull K. 2008. Pasta and Semolina Technology. 2a ed. Iowa (Estados Unidos de America): Blackwell science. 222p.

Kramer J y Gilbert L. 1989. Foodborne Bacterial Pathogens: *Bacillus cereus* and other *Bacillus species*. 1a ed. Nueva York (Estados Unidos de America): Library of Congress. 735p.

Martinez B. 2018. Isolation and genetic identification of spore-forming bacteria associated with concentrated-milk processing in Nebraska. *Journal of Dairy Science*. 100(2): 919 - 932.

Menchú MT y Méndez H. 2012. Análisis de la situación alimentaria en Honduras: Análisis de la ENCOVI-2004. Guatemala: INCAP; [Consultado 2018 jul 25]. http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/662-honduras-informe-analisis-de-situacion-alimentaria.

Miyazaki Y, Yoshida K, Takahashi R, Wada Y, Wada S, Tanaka M. 2012. Method for producing instant noodles. United States Patent 0374376 A1.

NAEGA (North American Export Grain Association). 2011. Asian noodle color. [internet]. Estados Unidos de America: NAEGA; [Consultado 2018 jul 29]. <http://www.wheatflourbook.org/p.aspx?tabid=45>.

NTE (Norma Técnica Ecuatoriana). 2000. Pastas Alimenticias o fideos: Requisitos. 1a ed. Quito (Ecuador): Norma Técnica Ecuatoriana. 8 p.

Pushpak SB, Vibha P, Arvind KB. 2009. Physicochemical Properties and Excipient Compatibility studies of Probiotic *Bacillus coagulans* Spores. *Sci. Pharm*. 77(3): 625-638.

Ramírez Chicas AM. 2015. Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 51p.

Rodríguez Y, Rojas A, Rodríguez S. 2016. Encapsulación de probióticos para aplicaciones alimenticias. *Revista Bios Calud*. 15(2): 106-115.

Rosenkvist H y Hansen A. 1995. Contamination profiles and characterization of *Bacillus* species in wheat bread and raw materials for bread production. *International Journal of Food Microbiology*; [Consultado 2018 jun 03] 26(3): 353-363. <https://www.sciencedirect.com/Science/article/pii/016816059400147X>.

Saarela M, Mogensen G, Fondén R, Mättö J, Mattila-Sandholm T. 2000. Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties. *Journal of Biotechnology*; [Consultado 2018 jun 23]. 84 (3): 197-215. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168165600003758>.

Sabanis D, Makri E, Doxastakis G. 2006. Effect of Durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagna. *Journal of the science of food and agriculture*; [Consultado 2018 jun 17] 86(12): 1938-1944. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jsfa.2567>.

Samona A y Robinson R. 1994. Effect of yoghurt cultures on the survival of bifidobacteria in fermented milks. J. Sot. Dairy Technology; [Consultado 2018 jun 02] 47(2): 58-60. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1471-0307.1994.tb01273.x>.

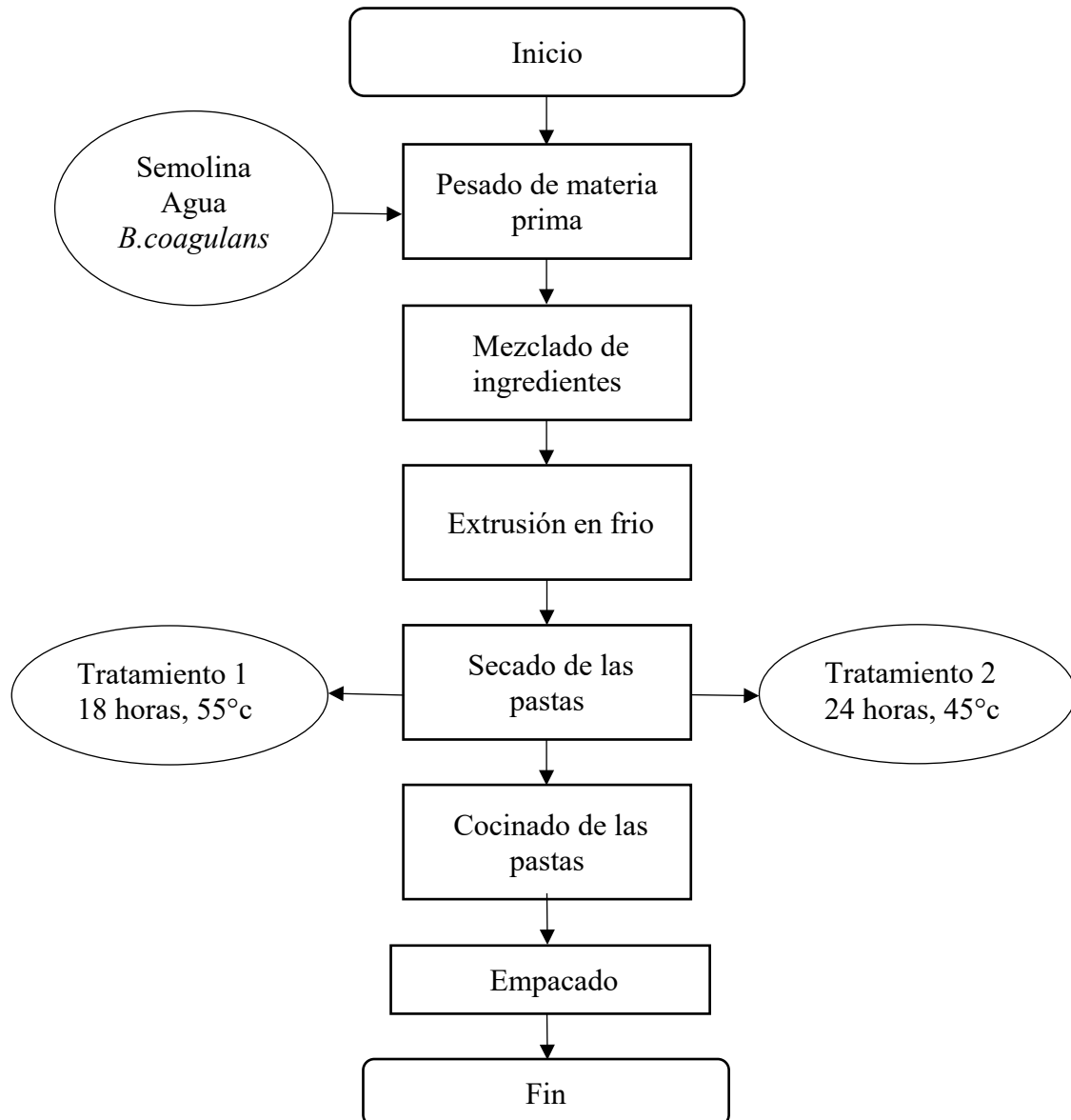
Santos J, Ruano J, Silva M, Ascheri J. 2013. Caracterização e avaliação sensorial de massas alimentícias enriquecidas com casca de ovo de galinha (*Gallus gallus*, L.) em pó. [Tesis]. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro- Brazil. 30 p.

Stannard C. 1997. Development and use of microbiological criteria for foods. Food Science and Technology Today. 11(3): 137-177.

Vuyst L. 2000. Technology aspects related to the application of functional starter cultures. Food Technology and Biotechnology. 38(2): 105-112.

7. ANEXOS

Anexo 1. Flujo de proceso pasta macaroni.



Anexo 2. Flujo de proceso pasta ramen.

