

UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU



FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN Y NEGOCIOS CARRERA DE GASTRONOMÍA Y ARTE CULINARIO

“PARÁMETROS DE INCUBACIÓN DEL FERMENTO DE *Lactobacillus sanfranciscensis* Y *Candida milleri* PARA SU APLICACIÓN EN PAN CAMPESINO”

Tesis para Optar el Título Profesional de:
**LICENCIADO EN GASTRONOMÍA Y ARTE
CULINARIO**

AUTOR:

Luis Alberto Haro Fernandez

ASESOR:

Carmen Del Pilar Minaya Agüero

Lima, Perú

2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Lima, Distrito de Magdalena, a las 10:30 horas del día 28 de enero del 2020, se reunió el Jurado Examinador de Sustentación y Defensa de la Tesis: "**Parámetros de incubación del fermento de lactobacillus sanfranciscensis y candida milleri para su aplicación en pan campesino**", presentada por el Bachiller **LUIS ALBERTO HARO FERNANDEZ**, para optar el Título Profesional de **Licenciado en Gastronomía y Arte Culinario** conformado por los profesores:

Dr. Oscar Benjamin Jordan Suarez - Presidente
Mg. Maribel Margot Huatuco Lozano- Miembro
Mg. Carmen del Pilar Minaya Agüero- Miembro

Luego de instalado el Jurado Examinador, se procedió dar cumplimiento a las siguientes etapas:

- El Presidente del jurado invitó a la sustentante a realizar su presentación por un tiempo no mayor de 30 minutos.
- Terminada la presentación de la tesis, el jurado evaluador procedió a realizar preguntas sobre aquellos aspectos pertinentes para determinar los conocimientos sobre el tema y la ejecución de la investigación.
- Luego de escuchar las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado Examinador deliberó en privado la calificación del trabajo de investigación y su correspondiente defensa.
- Cada miembro del Jurado Examinador estableció individualmente su calificación de acuerdo al reglamento de grados y títulos.
- A continuación, el Presidente del Jurado verificó la calificación de cada miembro y procedió a establecer la calificación de la tesis en escala vigesimal con la siguiente mención:


| | |
|---------------|--------------|
| SOBRESALIENTE | 20 -18 (X) |
| MUY BUENO | 17-16 () |
| BUENO | 15 -13 () |
| DESAPROBADO | < 13 () |


Finalmente, el Presidente del Jurado Examinador invitó a la sustentante para recibir el veredicto de la calificación obtenida.


El Jurado Examinador deja constancia con su firma, que el veredicto final de calificación de la tesis presentada por el Bach. **LUIS ALBERTO HARO FERNANDEZ** es de:

Aprobado

Concluye el acto académico, siendo las 11:30 horas del mismo día.


Mg. Maribel Margot Huatuco Lozano
Miembro


Dr. Oscar Benjamin Jordan Suarez
Presidente


Mg. Carmen del Pilar Minaya Agüero
Miembro

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia que me ha apoyado en esta carrera, a mis amigos quienes fueron parte de esta experiencia y se interesan por mi progreso académico, a los docentes que me brindaron sus conocimientos, a todas las personas que aportando con un granito de arena me dieron el empuje de seguir mejorando constantemente y a toda persona de ciencia (o en proceso de serlo) interesada en conocer más de este tema en el ámbito de la ciencia de los alimentos.

“Nada ocurre por casualidad, todo tiene un por qué y una razón, tal vez el cerebro aun no lo sepa o imagine, pero con ingenio, pronto lo sabrá”

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer a:

Mi asesora Carmen del Pilar Minaya Agüero por apoyarme, guiarme y soportarme en todo el tiempo que estuve elaborando la tesis.

Mi Chef Olivier Rousseau por ser mi mentor y que con sus conocimientos pudo ayudarme en todo ámbito ya sea profesional, educativo y personal.

A los siete panelistas expertos que participaron en la evaluación sensorial ya que sin su colaboración no hubiera sido posible la determinación del mejor cultivo ni de esta tesis.

A los investigadores de esta rama que dedicaron que su tiempo a lo largo de los años haciendo experimentos, obteniendo resultados y plasmándolos en artículos para que esté a disposición de todos nosotros.

Finalmente, a mis padres por su apoyo constante a quienes estaré toda la vida agradecido.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en obtener los parámetros óptimos de fermento natural para ser aplicado en la elaboración de pan campesino. Para lo cual, se inició con la formulación estándar del fermento cuya composición fue 54.5 % de agua y 45.5 % de harina integral de trigo, que fue posteriormente sometida a tres temperaturas de incubación 20, 24 y 28 °C tomando como parámetro final de control un pH de 4, con los cuales se elaboraron tres panes campesinos, que fueron evaluados sensorialmente en cuanto a la forma ovalada, la apariencia de la costra, la masticabilidad, el gusto ácido y la apariencia de la miga. Estos atributos fueron calificados mediante escala hedónica de 5 puntos, para posteriormente compararlo con la calificación de un pan campesino artesanal del “El Pan de la Chola”. La evaluación sensorial fue realizada por un panel conformado por 7 jueces expertos en producción de panes artesanales, que involucró docentes gastronómicos de la Universidad Le Cordon Bleu Perú. Se seleccionó el fermento cultivado a 24 °C por presentar valores superiores en cuanto a la forma ovalada, la apariencia de la costra, la masticabilidad, el gusto ácido y la apariencia de la miga de puntajes de 3.41; 4.24; 4.67; 4.00 y 5 respectivamente. Asimismo, se cuantificó la presencia de BAL (Bacterias Acido-Lácticas), ya que son el agente principal de la fermentación láctica para la obtención del pan campesino, la cual tuvo un recuento de 79×10^7 de UFC/g de BAL. Finalmente, el perfil de textura instrumental el cual mostró que el pan campesino tuvo un valor de dureza de 10.41 kgf, una cohesividad de 0.42 gf, una elasticidad de 0.87 gf, una gomosidad de 4386,61 gf y una masticabilidad de 3810.05 gf, perfil que permitirá caracterizar el pan campesino y servirá como parámetro de calidad para otras variantes de este pan.

Palabras claves:

Fermento natural, *Lactobacillus sanfranciscensis*, *Candida milleri*, perfil de textura instrumental, pan campesino.

ABSTRACT

The objective of this work was to obtain the optimum parameters of natural sourdough starter to be applied in the production of sourdough bread. For which, it started with the standard formulation of the ferment, whose composition was 54.5 % water and 45.5 % whole wheat flour, which was subsequently cultured at three incubation temperatures (20, 24 and 28 °C) taking a pH as the final control parameter of 4, 3 sourdough breads were elaborated with each starter, then, they were sensory evaluated in terms of the oval shape, the appearance of the crust, the chewiness, the acid taste and the appearance of the crumb. These attributes were rated using a 5-point hedonic scale to make a qualification comparison of a sourdough bread from "El Pan de la Chola". The sensory evaluation was carried out by a sensory panel with 7 expert testers who are culinary teachers from the Le Cordon Bleu University in Peru and are involved in the production of artisanal bread. The starter cultured at 24 °C was selected because it had superior values in terms of oval shape, appearance of the crust, chewiness, the acid taste and the appearance of the crumb with de 3.41; 4.24; 4.67; 4.00 y 5 scores respectively. Likewise, the presence of LAB (Lactic-Acid Bacteria) was quantified, being the main agent of lactic fermentation for the production of sourdough bread, which had a value of 79×10^7 CFU/g of LAB. Finally, the instrumental texture profile showed that the sourdough bread had a hardness value of 10.41 kgf, a cohesiveness of 0.42 gf, an elasticity of 0.87 gf, a gumminess of 4386.61 gf and a chewiness of 3810.05 gf, a profile that will allow to characterize sourdough bread and serve as a quality parameter for other varieties of this type of bread.

Keywords:

Sourdough starter, *Lactobacillus sanfranciscensis*, *Candida milleri*, texture profile, sourdough.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| LISTA DE FIGURAS | x |
| LISTA DE TABLAS | xi |
| RELACIÓN DE ANEXOS | xiii |
| ABREVIATURAS | xiv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I | 2 |
| 1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL | 2 |
| 1.1. Antecedentes de la investigación | 2 |
| 1.2. El trigo | 3 |
| 121. Clasificación taxonómica..... | 3 |
| 122. Partes del grano de trigo | 4 |
| 123. Tipos de trigo..... | 4 |
| 1.3. Harina de trigo | 5 |
| 131. Definición | 5 |
| 132. Proceso de obtención de la harina de trigo | 6 |
| 133. Composición de la harina de trigo | 8 |
| 134. Clasificación de la harina de trigo | 9 |
| 1.4. Gluten | 9 |
| 141. Definición | 9 |
| 142. Composición del gluten | 10 |
| 143. Efectos de los insumos de panadería sobre el gluten..... | 11 |
| 1.5. Pan de trigo | 12 |
| 151. Etapas del proceso de elaboración y formulación básica | 12 |
| 152. Clasificación de panes de trigo | 18 |
| 1.6. El pan campesino | 18 |
| 161. Formulación..... | 18 |
| 162. Proceso de elaboración | 19 |
| 1.7. Fermentos | 20 |
| 171. Principales microorganismos presentes en el FNP..... | 22 |
| 1.7.1.1. <i>Lactobacillus sanfranciscensis</i> | 22 |
| 1.7.1.2. <i>Candida milleri</i> | 26 |
| 172. Beneficios de la aplicación de fermentos naturales | 27 |

| | |
|---|-----------|
| 1.7.2.1. Beneficios nutricionales | 27 |
| 1.7.2.2. Beneficios organolépticos | 29 |
| 1.7.2.3. Beneficios tecnológicos..... | 34 |
| 1.7.3. Proceso de fermentación en panadería | 35 |
| 1.7.3.1. Fermentación láctica | 35 |
| 1.7.3.2. Fermentación alcohólica | 38 |
| 1.8. Perfil de textura sensorial | 39 |
| CAPITULO II..... | 41 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 41 |
| 2.1. Diseño de la investigación | 41 |
| 2.2. Matriz de consistencia | 42 |
| CAPITULO III | 43 |
| 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN | 43 |
| 3.1. ETAPA 1..... | 43 |
| 3.1.1. Elaboración de ficha descriptiva..... | 43 |
| 3.1.1.1. Forma | 43 |
| 3.1.1.2. Apariencia de la costra | 44 |
| 3.1.1.3. Masticabilidad | 44 |
| 3.1.1.4. Acidez..... | 45 |
| 3.1.1.5. Apariencia de la miga..... | 45 |
| 3.1.2. Elaboración de ficha de evaluación sensorial | 46 |
| 3.2. ETAPA 2..... | 47 |
| 3.2.1. Cultivo del fermento | 47 |
| 3.2.2. Elaboración del pan campesino con los tres fermentos | 47 |
| 3.2.3. Evaluación sensorial | 51 |
| 3.2.3.1. Pan campesino comercial..... | 51 |
| 3.2.3.2. Panes campesinos elaborados con fermentos cultivados a distintas temperaturas | 51 |
| CAPITULO IV..... | 52 |
| 4. RESULTADOS | 52 |
| 4.1. Cultivo de fermentos..... | 52 |
| 4.1.1. Cultivo de fermento a 20 °C | 52 |
| 4.1.2. Cultivo de fermento a 24 °C | 53 |
| 4.1.3. Cultivo de fermento a 28 °C | 54 |

| | |
|---|----|
| 4.2. Resultados de evaluación sensorial | 55 |
| 4.2.1. Resultados de evaluación sensorial de pan campesino comercial..... | 55 |
| 4.2.2. Resultados de evaluación sensorial de panes campesinos elaborados con fermentos cultivados a distintas temperaturas | 55 |
| 4.2.2.1. Resultados de evaluación sensorial de la forma ovalada | 56 |
| 4.2.2.2. Resultados de evaluación sensorial de la apariencia de la costra..... | 56 |
| 4.2.2.3. Resultados de evaluación sensorial de la masticabilidad de la miga | 57 |
| 4.2.2.4. Resultados de evaluación sensorial del gusto: acidez | 58 |
| 4.2.2.5. Resultados de evaluación sensorial de apariencia de la miga: alveolos .. | 58 |
| 4.3. Resultados de análisis estadístico | 59 |
| 4.3.1. Resultados tabulados del ANOVA de cada atributo..... | 59 |
| 4.3.2. Resultados de Tukey de descriptores..... | 59 |
| 4.3.2.1. Forma Ovalada | 59 |
| 4.3.2.2. Apariencia de la costra | 60 |
| 4.3.2.3. Masticabilidad de la miga | 61 |
| 4.3.2.4. Acidez..... | 61 |
| 4.4. Evaluación microbiológica | 62 |
| 4.5. Perfil de textura | 62 |
| CAPITULO V | 64 |
| 5. DISCUSIONES | 64 |
| CAPITULO VI | 66 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 66 |
| 6.1. CONCLUSIONES | 66 |
| 6.2. RECOMENDACIONES | 67 |
| CAPITULO VII | 68 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 68 |
| CAPITULO VIII | 72 |
| 8. ANEXOS | 72 |
| 8.1. TOMA DE MUESTRA DEL pH | 72 |
| 8.2. PRODUCCIÓN DE PAN CON LOS FERMENTOS | 80 |
| 8.3. FICHA DE EVALUACION SENSORIAL | 87 |
| 8.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 89 |
| 8.4.1. Resultados de análisis estadístico de la forma ovalada | 89 |
| 8.4.1.1. ANOVA | 89 |

| | |
|--|-----------|
| 8.4.1.2. Tukey..... | 89 |
| 842. Resultado de análisis estadístico de la apariencia de la costra | 90 |
| 8.4.2.1. ANOVA | 90 |
| 8.4.2.2. Tukey..... | 91 |
| 843. Resultado de análisis estadístico de la masticabilidad de la miga | 91 |
| 8.4.3.1. ANOVA | 91 |
| 8.4.3.2. Tukey..... | 92 |
| 844. Resultado de análisis estadístico del gusto: Acidez..... | 93 |
| 8.4.4.1. ANOVA | 93 |
| 8.4.4.2. Tukey..... | 93 |
| 845. Resultado de análisis estadístico de la apariencia de la miga: Alveolos | 94 |
| 8.4.5.1. ANOVA | 94 |
| 8.5. RECUENTO DE BAL..... | 96 |
| 8.6. PERFIL DE TEXTURA INSTRUMENTAL | 97 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Clasificación taxonómica del trigo | 3 |
| Figura 2. Partes del grano de trigo..... | 4 |
| Figura 3. Proceso de obtención de la harina de trigo..... | 6 |
| Figura 4. Diagrama de flujo de elaboración del pan..... | 12 |
| Figura 5. Degradación de los carbohidratos durante la fermentación | 16 |
| Figura 6. Proceso de elaboración de un pan campesino | 19 |
| Figura 7. Metabolismo de carbohidratos y gluten por parte de BAL | 23 |
| Figura 8. Reacciones metabólicas principales de <i>Lactobacillus sanfranciscensis</i> | 24 |
| Figura 9. Cromatograma comparativo de pan elaborado FNP y uno normal..... | 30 |
| Figura 10. Metabolismo de la glutamina..... | 32 |
| Figura 11. Primera y segunda proteólisis durante la fermentación | 33 |
| Figura 12. Fermentación homoláctica | 36 |
| Figura 13. Fermentación heteroláctica | 37 |
| Figura 14. Etapas del diseño de la investigación..... | 41 |
| Figura 15. Vueltas al pan campesino..... | 49 |
| Figura 16. Evolución del pH del fermento a 20 °C | 52 |
| Figura 17. Evolución del pH del fermento a 24 °C | 53 |
| Figura 18. Evolución del pH del fermento a 28°C | 54 |
| Figura 19. Gráfico de medias de la forma ovalada..... | 60 |
| Figura 20. Gráfico de medias de la apariencia de la costra | 60 |
| Figura 21. Gráfico de medias de la masticabilidad de la miga..... | 61 |
| Figura 22. Gráfico de medias de acidez | 62 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Diferencias entre <i>Triticum aestivum</i> y <i>Triticum durum</i> | 5 |
| Tabla 2. Composición de la harina de trigo | 8 |
| Tabla 3. Clasificación y requisitos fisicoquímicos de la harina de trigo | 9 |
| Tabla 4. Requisitos fisicoquímicos de la harina integral de trigo integral | 9 |
| Tabla 5. Formulación de un pan comercial | 13 |
| Tabla 6. La fermentación alcohólica del pan..... | 14 |
| Tabla 7. Clasificación de panes vendidos a nivel nacional | 18 |
| Tabla 8. Formulación de un pan campesino | 19 |
| Tabla 9. Factores que afectan crecimiento de las levaduras | 27 |
| Tabla 10. Compuestos aromáticos volátiles identificados en panes con FNP..... | 32 |
| Tabla 11. Efectos de metabolitos en la harina, masas y pan..... | 35 |
| Tabla 12. Ficha descriptiva de la forma ovalada del pan campesino | 43 |
| Tabla 13. Ficha descriptiva de la apariencia de la costra del pan campesino..... | 44 |
| Tabla 14. Ficha descriptiva de la masticabilidad de la miga del pan campesino | 44 |
| Tabla 15. Ficha descriptiva de la acidez en el gusto del pan campesino..... | 45 |
| Tabla 16. Ficha descriptiva de la apariencia de la miga del pan campesino | 46 |
| Tabla 17. Formulación de un FNP..... | 47 |
| Tabla 18. Equipos usados en la elaboración de pan campesino | 48 |
| Tabla 19. Puntajes por atributo de pan campesino comercial | 55 |
| Tabla 20. Puntaje promedio del atributo de forma ovalada de los tres panes campesinos | 56 |
| Tabla 21. Puntaje promedio del atributo de apariencia de la costra de los tres panes campesinos..... | 56 |
| Tabla 22. Puntaje promedio del atributo de la masticabilidad de la miga de los tres panes campesinos..... | 57 |
| Tabla 23. Puntaje promedio del atributo del gusto ácido de los tres panes campesinos | 58 |
| Tabla 24. Puntaje promedio del atributo de la apariencia de la miga: alveolos de los tres panes campesinos | 58 |
| Tabla 25. Resultados de ANOVA de los descriptores..... | 59 |
| Tabla 26. Resultado de prueba microbiológica de BAL | 62 |
| Tabla 27. Resultados promedio de perfil de textura instrumental | 63 |
| Tabla 28. ANOVA para puntuaciones de la forma ovalada de los tres panes campesinos..... | 89 |

| | |
|---|----|
| Tabla 29. Nivel de similitud entre los tres códigos de panes campesinos en la forma ovalada | 90 |
| Tabla 30. Contraste entre puntajes obtenidos en la forma ovalada en los panes campesinos | 90 |
| Tabla 31. ANOVA para puntuaciones de la apariencia de la costra de los tres panes campesinos..... | 90 |
| Tabla 32. Nivel de similitud entre los tres códigos de panes campesinos en la apariencia de la costra..... | 91 |
| Tabla 33. Contraste entre puntajes obtenidos en la apariencia de costra en los panes campesinos..... | 91 |
| Tabla 34. ANOVA para puntuaciones de la masticabilidad de la miga de los tres panes campesinos..... | 92 |
| Tabla 35. Nivel de similitud entre los tres códigos de panes campesinos en la masticabilidad de la miga..... | 92 |
| Tabla 36. Contraste entre puntajes obtenidos en la masticabilidad de la miga en los panes campesinos..... | 92 |
| Tabla 37. ANOVA para puntuaciones del gusto ácido de los tres panes campesinos..... | 93 |
| Tabla 38. Nivel de similitud entre los tres códigos de panes campesinos en el gusto ácido | 94 |
| Tabla 39. Contraste entre puntajes obtenidos en gusto ácido en los panes campesinos..... | 94 |
| Tabla 40. ANOVA para puntuaciones de la apariencia de los alveolos de la miga de los tres panes campesinos | 95 |

RELACIÓN DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Harina integral empleada..... | 72 |
| Anexo 2. Fermento cultivado a 20 °C | 72 |
| Anexo 3. Medición de pH del fermento cultivado a 20 °C (7 horas)..... | 73 |
| Anexo 4. Fermento cultivado a 20 °C (24 horas)..... | 73 |
| Anexo 5. Fermento cultivado a 24 °C | 74 |
| Anexo 6. Medición de pH del fermento cultivado a 24 °C (9 horas)..... | 74 |
| Anexo 7. Fermento cultivado a 24 °C (24 horas)..... | 75 |
| Anexo 8. Fermento cultivado a 28 °C | 75 |
| Anexo 9. Medición de pH del fermento cultivado a 28 °C (9 horas)..... | 76 |
| Anexo 10. Fermento cultivado a 28 °C (24 horas)..... | 76 |
| Anexo 11. Fermentos luego de 36 horas de incubación..... | 77 |
| Anexo 12. Fermento cultivado a 20 °C (36 horas)..... | 77 |
| Anexo 13. Fermento cultivado a 24 °C (36 horas)..... | 78 |
| Anexo 14. Fermento cultivado a 28 °C (36 horas)..... | 78 |
| Anexo 15. Fermento cultivado a 20 °C (71 horas)..... | 79 |
| Anexo 16. Pesado de ingredientes..... | 80 |
| Anexo 17. Mezclado de ingredientes | 80 |
| Anexo 18. Adición de sal durante amasado | 81 |
| Anexo 19. Primera fermentación luego de las vueltas | 81 |
| Anexo 20. Masa momento previo a la división..... | 82 |
| Anexo 21. Masas divididas en porciones de 500g | 82 |
| Anexo 22. Reposo de masas preformadas..... | 83 |
| Anexo 23. Panes ya fermentados previo al horneado | 83 |
| Anexo 24. Panes en primeros momentos del horneado..... | 84 |
| Anexo 25. Momentos finales del horneado..... | 84 |
| Anexo 26. Resudado de panes..... | 85 |
| Anexo 27. Corte transversal | 85 |
| Anexo 28. Evaluación sensorial-a | 86 |
| Anexo 29. Evaluación sensorial-b..... | 86 |
| Anexo 28. Ficha de evaluación sensorial | 87 |
| Anexo 29. Informe de recuento de BAL | 96 |
| Anexo 30. Informe de perfil de textura | 97 |

ABREVIATURAS

| | |
|--------------|---|
| % | : Porcentaje |
| ANOVA | : Analysis Of Variance (Análisis de Varianza) |
| °C | : Grados Celsius |
| BAL | : Bacterias Acido-Lácticas |
| cm | : Centímetros |
| f | : Fuerza |
| FNP | : Fermento Natural Panadero |
| g | : Gramos |
| Kg | : Kilogramos |
| L | : Litros |
| mm | : Milímetros |
| N | : Newtons |
| pH | : Potencial de Hidrógeno |
| s | : Segundo |
| UFC | : Unidades Formadoras de Colonias |
| DCA | : Diseño Completamente al Azar |

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos nativos *Lactobacillus sanfranciscensis* y *Candida milleri* son elevadores de masa presentes en el grano de trigo, los cuales han tomado mayor protagonismo en los últimos años por la complejidad sensorial, nutricional y tecnológica que aporta a los panes. El retorno al empleo de fermentos, con esta simbiosis de microorganismos, nace en contraposición a la panadería comercial la cual ha comenzado a emplear exceso de aditivos, premezclas y levadura para acortar tiempos de procesamiento.

Actualmente, se están dando una serie de cambios en la alimentación humana, a diferencia de décadas pasadas los consumidores están optando por comprar y promover los productos menos industrializados en todas las categorías de alimentos como carnes, frutas, verduras y panes, esta última teniendo como agente principal: el fermento natural.

El empleo del fermento natural no es algo reciente, ni mucho menos creado en estos últimos años, sino ha sido el redescubrimiento y revalorización de un método ya existente desde la aparición del pan en la historia de la humanidad y por supuesto antes del empleo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, la cual, a diferencia del uso del fermento natural, no se perciben compuestos aromáticos complejos, a no ser que se emplee un método indirecto de fermentación con levadura.

La difusión del fermento natural y de este método de conducción de la fermentación en la panificación nacional beneficiará a los consumidores y panaderos por sus aportes tecnológicos, nutricionales y sensoriales, estando ya muy empleados en países desarrollados como Estados Unidos, España, Francia e Italia, los cuales priorizan su aplicación por los aportes mencionados anteriormente, sumado a ello se presentaría como una opción para las personas a quienes el consumo de pan les genera una sensación de pesadez debido a la baja degradación del almidón y gluten en la masa de pan.

Con este trabajo investigativo-práctico se busca determinar los parámetros óptimos de cultivo del fermento natural y aplicarlo en un pan artesanal como el “campesino”, estableciendo como características de calidad su perfil de textura, que servirá de referencia para las variantes similares a este pan.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Katina (2005) menciona en los resultados de su estudio titulado: “El empleo de fermento natural como herramienta para mejorar el sabor, textura y tiempo de vida”, que un fermento debe tener una moderada acidez, altos niveles de aminoácidos y ciertos compuestos volátiles para que pueda mejorar el sabor del pan. Para esto debe ser cultivado en un rango de temperatura de 22-24 °C.

Benedito, Collar, & Martinez-Anaya (1994) al igual que Arendt, Clarke, Dockery, O'Sullivan, & Schober (2004) refieren en sus estudios que el pH óptimo para un fermento debe de ser de 3.5 a 4 debido a que las proteasas se activan a ese nivel de pH, lo que ayudaría a la degradación del gluten en aminoácidos favoreciendo una mejora del sabor y aroma del pan, para comprobar ello Arendt y su equipo extrajeron al cabo de 24 horas muestras de gluten húmedo para posteriormente realizar un escaneado laser observándose una degradación significativa de esta proteína.

Rupesh S. & Shraddha R (2011), realizaron un estudio científico completo del fermento natural panadero, en el cual explicaron detalladamente cada parámetro, insumo y beneficios que posee su empleo, además hace una recopilación amplia para dar a conocer la importancia del pan hecho con un porcentaje de harina integral.

Bradant, Fossati, Jacques, Kleijer, & Vincent (2007) elaboraron una ficha de evaluación sensorial para panes comerciales con levadura, donde se tomó en cuenta el estado exterior como el color de la costra; la forma y aspecto; el desgarramiento de la masa al hornear; el volumen y la costra. Asimismo, el interior del pan fue tomado en cuenta evaluándose el color de la miga; la porosidad; la miga; el olor; y el gusto; siendo 1 la calificación más baja y 10 la más alta. Así, ellos pudieron determinar que sí existe una variación significativa en el gusto del pan, si la fórmula, la variedad de trigo y procesamiento varían. Parte de los resultados sensoriales mencionan que una fermentación más prolongada a temperaturas bajas genera mayor complejidad de aroma y sabor.

También, Bassouny, El-Sayed, Ibrahim, Nahla, & Swelim (2014) elaboraron panes con cultivo de *Lactobacillus plantarum* y *Saccharomyces cerevisiae* para probar mediante una prueba sensorial el efecto del tiempo de almacenamiento sobre el sabor además de emplear el perfil de textura como instrumento para evaluar más objetivamente el efecto del almacenamiento sobre el pan.

Los autores mencionados crearon una ficha descriptiva además tomaron parámetros de temperatura, pH, cantidad de BAL/g y perfil de textura para usarlos de referencia en la elaboración de la experimentación

1.2. El trigo

1.2.1. Clasificación taxonómica



Figura 1. Clasificación taxonómica del trigo

Fuente: (Integrated Taxonomic Information System on-line database, 2017)

1.22. Partes del grano de trigo

En la Figura 2 se observa cuán complejo puede ser un grano de trigo a nivel microscópico. A grandes rasgos, según la Cámara Nacional de la Industria Molinera del Trigo de México (Canimolt), el grano de trigo se divide en pelusas, ranura, pigmento, endospermo, salvado y germen.

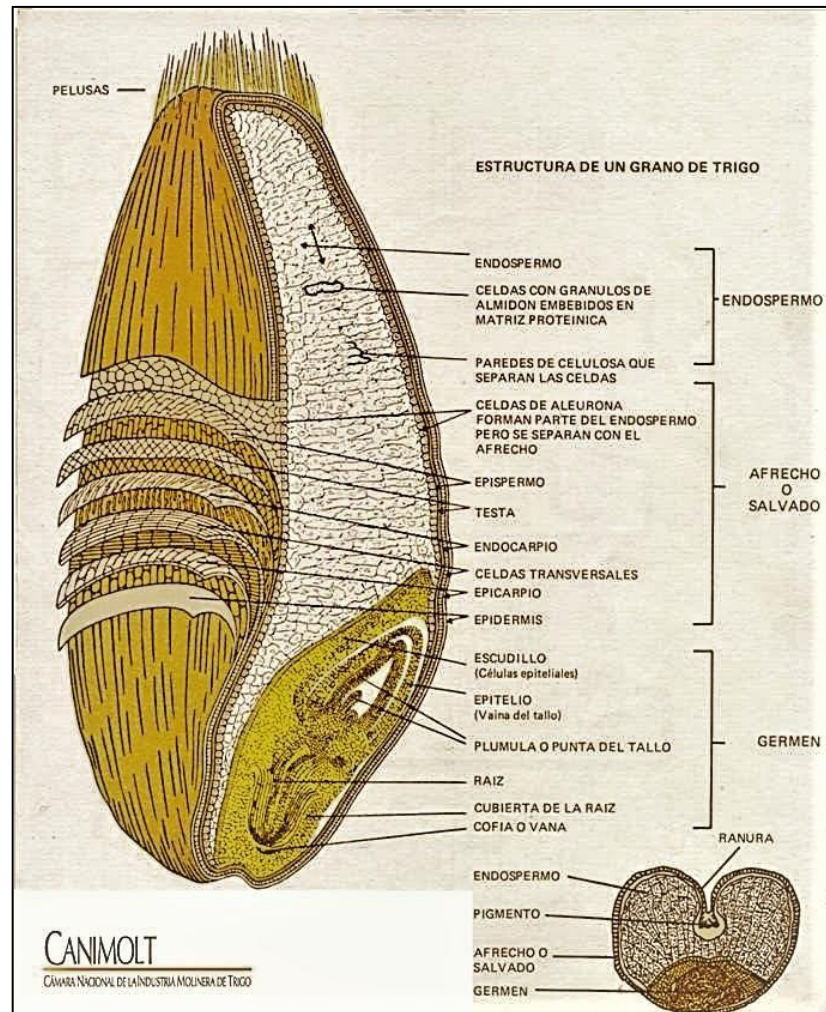


Figura 2. Partes del grano de trigo

Fuente: (Canimolt, s.f.)

1.23. Tipos de trigo

Según la NTP 205.064:2015: “Harina de trigo para consumo humano y sus, requisitos”; en el Perú se utiliza exclusivamente *Triticum aestivum* y *Triticum durum* para la elaboración de harina para el rubro de panificación. A continuación, se muestra la Tabla 1 la cual se elaboró comparando los tipos de trigo usado en el Perú.

Tabla 1.*Diferencias entre Triticum aestivum y Triticum durum*

| Espece | Nombre común según norma | Tipo de célula | Ventaja tecnológica |
|--------------------------|---|---|--|
| <i>Triticum aestivum</i> | Según la NTP 205.009.2014 Trigo en grano, se llama trigo harinero (INDECOPI, 2014) | Hexaploide, la cual posee 6 juegos de cromosomas (42 cromosomas en total) (Atwell & Finnie, 2016). | Resistente al moho pulverulento, a la roya amarilla, a la oxidación de la hojas y tallo, y al ustílogo nuda (hongo) (Badaeva, y otros, 2013). |
| <i>Triticum durum</i> | Llamado también trigo cristalino, candeal o extraduro según la NTP 205.009.2014 Trigo en grano (INDECOPI, 2014) | Tetraploide, la cual posee 4 juegos de cromosomas (28 cromosomas en total) (Atwell & Finnie, 2016). | Resistente al encamado, a la sequía, poca exigencia en condiciones de crecimiento y alto contenido de proteínas en grano (Badaeva, y otros, 2013). |

Fuente: Elaboración Propia

1.3. Harina de trigo

1.3.1. Definición

Se define como: “Polvo que resulta de la molienda del trigo o de otras semillas. Además, se incluye que está despojado del salvado o la cascarilla” (Real Academia Española, 2014).

Según la Norma Técnica Peruana 205.064.2015: “Harina de Trigo”, se denomina harina al “producto destinado al consumo humano que se obtiene de la molienda gradual y metódica de granos limpios de trigo, de las especies *Triticum aestivum* o *Triticum durum*, durante el cual se retiran el salvado y germen, quedando principalmente el endospermo, el cual puede presentar diversos grados de extracción”.

Asimismo, también la definición de la harina integral de trigo según la NTP 205.058:2015 menciona que: “Es el producto destinado al consumo humano que se obtiene de la molienda gradual y metódica de granos limpios de trigo, de las especies *Triticum aestivum* o *Triticum durum*, sin separación de ninguna parte de él, es decir con un grado de extracción del 100 %”.

132. Proceso de obtención de la harina de trigo

La obtención de harina de trigo es un proceso que, a lo largo de los siglos, ha ido evolucionando desde un proceso manual hasta uno mecanizado por equipos automáticos especializados. A continuación, se presenta la Figura 3 representado por un flujograma:

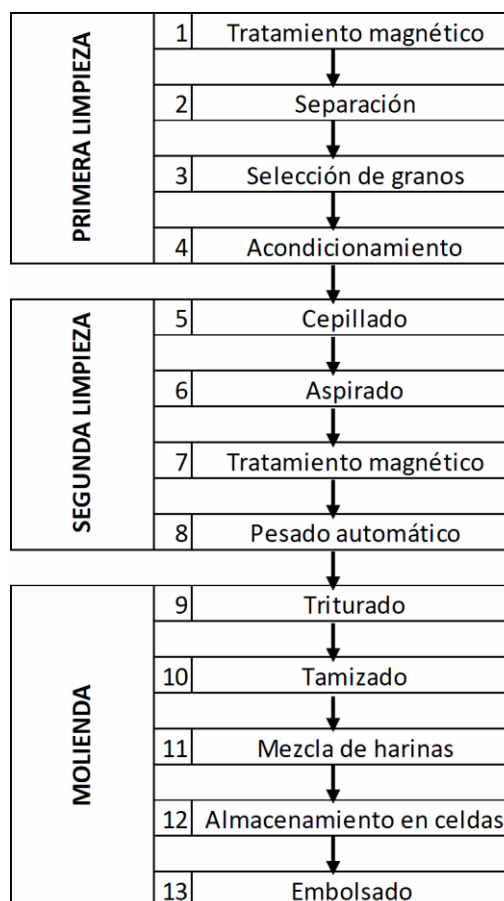


Figura 3. Proceso de obtención de la harina de trigo
Fuente: Elaborado a partir de manual de pastelería
(Le Cordon Bleu Perú, 2014)

1. Tratamiento magnético:

Mediante un imán se retiran restos de metales extraños que puedan representar un daño para la máquina de molturación (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

2. Separación:

En esta segunda parte del proceso, las impurezas se retiran mediante aspiración y tamizado. En esta etapa se emplean dos rejillas de distinta abertura, en la primera rejilla se retienen cuerpos ajenos de gran tamaño como tierra, paja, piedras, etc.; en la segunda se retienen los granos de trigo y se dejan pasar elementos más pequeños (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

3. Selección de granos:

En esta operación, se separan los granos que no pertenezcan a la planta de trigo o se clasifica según el calibre de los granos (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

4. Acondicionamiento:

Sirve para estandarizar el porcentaje de humedad del grano de trigo, se puede realizar mediante vía húmeda o calor seco. El objetivo es obtener un producto final con una humedad menor de 15 % y facilitar el proceso de trituration (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

5. Cepillado:

Por medio de una máquina constituida por cilindros interiores rotativos, en este proceso se retiran las pelusas del grano de trigo y se limpia de tierra y/o polvo que pueda significar un peligro en la producción de harina (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

6. Aspirado:

En esta etapa se realiza el retiro de las películas del grano o parte del salvado mediante aspiración (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

7. Tratamiento magnético:

En esta operación se retira remanentes de acero o metales muy pequeños, usando un electroimán, que pudiesen aun estar presentes con los granos debido a la fricción de los granos con las máquinas (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

8. Pesado automático:

Los granos de trigo son pesados poder calcular posteriormente el rendimiento según el grado de extracción y granulometría (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

9. Triturado:

Se muele los granos clasificados, usando dos grandes cilindros acanalados de metal que van en sentidos inversos para obtener así la harina que será tamizada en la siguiente etapa (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

10. Tamizado:

Operación en la que se busca obtener partículas cada vez más pequeñas haciéndolas pasar cada vez por mallas de distinto tamaño. Si el gránulo es muy grande se devuelve a la etapa de triturado. Se puede repetir la operación para obtener partículas más finas y así una harina más blanca (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

11. Mezcla de harinas:

Las harinas obtenidas de distintas calidades en cuanto a porcentaje de gluten o pureza son mezcladas para así obtener un producto estándar (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

12. Almacenamiento:

Se realiza generalmente en silos de acero hermético a una temperatura y humedad controlada hasta su empacado (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

13. Embolsado:

Es la etapa final en la cual se embolsa en sacos de 50 kg. Este mostrará aparte del peso, el tipo de harina, elementos añadidos y la marca (Le Cordon Bleu Perú, 2014).

13.3. Composición de la harina de trigo

En la Tabla 2 se muestra los elementos que componen la harina.

Tabla 2.
Composición de la harina de trigo

| Componentes | Cantidad % |
|--------------------|-------------------|
| Almidón | 70 |
| Agua | Máximo 15 |
| Gluten | 8-12 |
| Materias grasas | 1.2-1.4 |
| Minerales | 0.5-0.6 |
| Salvado | Rastros |

Fuente: (Le Cordon Bleu Perú, 2014, pág. 8 y 9).

134. Clasificación de la harina de trigo

Según la NTP 205.064.2015 “Harina de Trigo”, la harina se clasifica según el porcentaje de cenizas. El cual está relacionado con el grado de extracción, a más cantidad de extracción más fibra tendrá la harina de trigo, en la Tabla 3 se observa los rangos mínimos y máximos de humedad, cenizas y acidez que puede tener las tres clasificaciones de harina.

Tabla 3.
Clasificación y requisitos fisicoquímicos de la harina de trigo

| Tipo de harina | Humedad % | | Cenizas % ($\pm 5\%$) en base seca | | Acidez % ($\pm 10\%$) | |
|-----------------|-----------|-------|--------------------------------------|------|-------------------------|------|
| | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. |
| Especial | --- | 15.00 | --- | 0.75 | --- | 0.10 |
| Extra | --- | 15.00 | 0.76 | 1.17 | --- | 0.15 |
| Morena | --- | 15.00 | 1.18 | 1.40 | --- | 0.18 |

Fuente: (INDECOPI, 2015) NTP 205.064.2015 Harina de Trigo

Se presenta además la Tabla 4 que se encuentra presente en la norma técnica peruana de harina integral de trigo el cual muestra los mismos criterios de calidad al igual que la anterior tabla.

Tabla 4.
Requisitos fisicoquímicos de la harina integral de trigo integral

| Tipo de harina | Humedad % | | Cenizas % ($\pm 5\%$) en base seca | | Acidez % exp. en ácido sulfúrico | |
|--------------------------|-----------|-------|--------------------------------------|------|----------------------------------|------|
| | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. |
| Integral de trigo | --- | 15.00 | --- | 2.3 | --- | 0.22 |

Fuente: (INDECOPI, 2015) NTP 205.058.2015 Harina Integral de Trigo

1.4. Gluten

141. Definición

Se presentan estas definiciones:

- Existente solamente en el grano de trigo, está formado por la gliadina (función de dar extensibilidad y viscosidad a la masa) y la glutenina (función de dar elasticidad y tenacidad a la masa), que al asociarse con el agua forman el gluten (3 g de gluten absorben 9 g de agua) (Le Cordon Bleu Perú, 2014, pág. 9).
- Es una proteína de reserva nutritiva que se encuentra en las semillas de las gramíneas junto con el almidón (Real Academia de la Lengua Española, 2014).

142. Composición del gluten

El gluten es una mezcla compleja de determinadas proteínas del trigo que, si bien son insolubles en el agua, se adhieren a las moléculas de agua y entre sí. Cuando las proteínas están secas, permanecen inmóviles e inertes, pero en contacto con agua, cambian de forma, se acercan unas a otras y establecen enlaces entre ellas. La mayoría de las proteínas del gluten, llamadas gliadinas y gluteninas, son cadenas de alrededor de mil aminoácidos de longitud. Las cadenas de gliadina se doblan sobre sí mismas para formar una masa compacta y solo establecen enlaces débiles entre ellas y con las proteínas de la glutenina. Las gluteninas, a su vez, establecen entre sí múltiples enlaces y forman una red compacta y extensa (Ibeas & McGee, 2011, pág. 551).

A cada extremo de la cadena de glutenina se encuentran aminoácidos azufrados que pueden formar enlaces fuertes de disulfuro con los mismos aminoácidos de los extremos de otras cadenas de glutenina. Y que, para esto, se requiere el oxígeno del aire, determinadas sustancias producidas por las levaduras o “mejoradores de masa” añadidos por el fabricante de la harina o el panadero. El tramo central más largo y arrollado de la glutenina posee generalmente aminoácidos que forman enlaces temporales más débiles (puentes de hidrógeno e hidrófobos) con aminoácidos similares (Ibeas & McGee, 2011, pág. 551).

Se sabe que el gluten desarrollado en la masa, tiende a relajar su elasticidad con el tiempo, sin ella no se podrían tener las innumerables formas de panes, pastelillos, y pastas. En una masa con un gluten desarrollado al 100 %, las moléculas de proteínas se organizan y alinean generando enlaces débiles pero que aun así ayudan a mantener la red proteica la cual confiere elasticidad; por ello una masa formada en bollo es firme y lisa. Pero como consecuencia de la debilidad de estos enlaces, al poner en bola la masa recién amasada, se genera un rompimiento progresivo de los enlaces con el paso del tiempo, lo que terminará siendo una masa maleable y plástica al cabo de unos 30 minutos (Ibeas & McGee, 2011).

143. Efectos de los insumos de panadería sobre el gluten

La estructura del gluten además se ve afectada por los ingredientes complementarios que se añaden a la masa. Aquí se presentan los insumos mayormente utilizados en panes de trigo y su efecto sobre el gluten:

- **Sal:** Refuerza y hace más elástica la malla formada por el gluten. El sodio (carga positiva) y el cloro (carga negativa) se disponen alrededor de las porciones poco cargadas de la glutenina y evitan que las porciones cargadas con el mismo signo se repelan; así se logra que las proteínas se concatenen más y mejor, generando así mayor número de enlaces (Ibeas & McGee, 2011).
- **Azúcar:** Tiende a limitar la obtención de la malla de gluten ya que absorbe la humedad y diluye las proteínas de la harina (Ibeas & McGee, 2011).
- **Grasas y aceites:** Estos elementos, en la masa de pan, generan que los aminoácidos (insolubles en agua) se unan a ellos (grasas) en vez de que sea con los otros aminoácidos de la cadena proteica, debido a esto la masa es más blanda (Ibeas & McGee, 2011).
- **Ácidos orgánicos:** Los ácidos, al tener más iones de hidrógeno (carga positiva), debilitan la red de gluten ya que al aumentar la cantidad de iones positivos en la masa y en las cadenas de proteína, la fuerza de repulsión entre ellas aumenta, haciendo que la masa pierda su fuerza. Generalmente ocurre esto cuando se usa cultivos con fermentos naturales debido al ácido láctico que se genera (Ibeas & McGee, 2011).

1.5. Pan de trigo

1.5.1. Etapas del proceso de elaboración y formulación básica

En las siguientes descripciones de las etapas del procesamiento del pan, se usará vocabulario técnico de panificación en español y palabras técnicas en francés como apoyo, la Figura 4 presenta la producción de pan, siguiendo un método directo, mediante un diagrama de flujo.

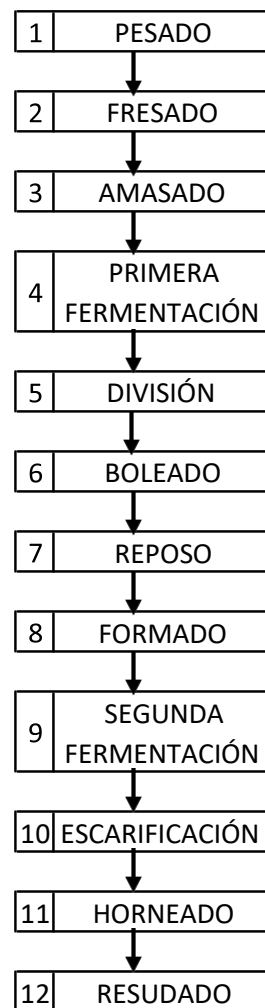


Figura 4. Diagrama de flujo de elaboración del pan

Fuente: Propia

1. Pesado / *Pesage*:

Primera etapa e importante en donde pesan todos los ingredientes a usar siguiendo una receta o usando una proporción base panadera la cual está en función al peso de la harina y es tomado como 100 %; algunos porcentajes como el del agua o levadura pueden variar de acuerdo con lo que se desee obtener como resultado final, la temperatura del ambiente, la altura y del tiempo de fermentación que se pueda disponer.

A continuación, se presenta la Tabla 5 en donde se especifica los insumos por cada 100 g de harina, siendo esta última la base del cálculo, llamado también porcentaje panadero. Cabe señalar que la harina a usarse debe contener un mínimo de 12 % de proteínas.

Tabla 5.
Formulación de un pan comercial

| Insumo | Cantidad por cada 100 g de harina |
|--|--|
| Harina | Base del cálculo |
| Agua | 55-75% |
| Levadura | 1-3% |
| Sal | 1-3% |
| Fermentos naturales | Hasta 30% |
| Materias grasas (mantequilla, manteca) | Hasta 50% |
| Azúcar | Hasta 30% |
| Harinas variadas como de centeno, cañihua, quinua etc. | Sustituirse hasta 30% del peso de la harina de trigo |
| Queso, nuez, jamón, tocino, etc. | Hasta 35% |

Fuente: Elaboración Propia

En esta parte del proceso es donde se realizan cálculos matemáticos posteriores para saber el rendimiento de la masa en cuanto a cantidad y también el método de preparación (directo o indirecto) que se llevará a cabo (Viard, 1982).

2. Fresado / Frasage:

Etapa en la cual los ingredientes pesados, son mezclados y en donde el movimiento de la máquina es lento para poder integrar bien los futuros componentes del pan permitiendo así una hidratación correcta de la harina, del almidón y del gluten principalmente. En este momento se puede rectificar la humedad del pan según la textura final que se desee obtener como una miga húmeda y ligera, o una miga más firme.

3. Amasado / Petrissage

Esta parte del proceso tiene la función de mezcla de los ingredientes y la aplicación de fuerza mecánica y centrífuga para forzar el ingreso de agua a las proteínas obteniéndose así la elasticidad de la masa por el gluten (red conectada por puentes de disulfuro) lo que beneficiará en la retención del CO₂ generado por las levaduras y bacterias (Alegre & Mesas, 2002).

Además, se logra una oxigenación de la masa dependiendo del tipo de amasado que se haga: alveolos grandes (si el amasado es lento) o alveolos pequeños (si el amasado es rápido o intensivo). Cabe recalcar que un exceso de amasado mecánico puede romper la red de gluten que se forma ya que supera su punto de extensión (Alegre & Mesas, 2002).

4. Primera fermentación / *Pointage*

Durante la producción de pan siempre se recomienda que se hagan dos fermentaciones como mínimo las cuales tienen como objeto, aparte del hinchamiento de la masa, la degradación de azúcares existentes o añadidas a la masa como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6.

La fermentación alcohólica del pan

| Productos de la primera fermentación | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Diastasas de levadura | Azúcares preexistentes en la harina | Producción de CO ₂ + Alcohol |
| Invertasa | Transforma la sacarosa | |
| Zimasa | Transforma la glucosa en... → | CO ₂ + Alcohol |

Fuente : (Bilheux, Chalazon, & Michalet, 1990, pág. 28)

En la primera fermentación, las levaduras a una temperatura de 35 °C producen CO₂ con mayor rapidez, pero como defecto también se forman metabolitos ácidos y desagradables a nivel sensorial. Por ello, se recomienda una temperatura óptima de 27 °C para que el crecimiento de la masa sea relativamente rápido, sin llegar a formarse compuestos aromáticos indeseados (Ibeas & McGee, 2011).

5. División y segundo pesado/ *Division et deuxième pesage*

El pesado de las masas de pan se realiza al final del *pointage* o primera fermentación con ayuda de una balanza. Durante esta operación se debe emplear el mínimo de harina, además de usar un cortapastas metálico, también, la habilidad del obrero importa ya que debe de ser veloz para evitar el exceso de *pointage* y de la formación de una costra indeseada (Bilheux, Chalazon, & Michalet, 1990, pág. 31).

El objetivo final de esta operación unitaria es dar el peso exacto a cada pan. En el caso de panes grandes estos serán pesados manualmente y se seguirá la lógica que los primeros trozos de masa que fueron pesados, serán los primeros que se bolearán y formarán, en caso de poseer una máquina divisora, como a nivel industrial, se recomiendan las divisoras volumétricas continuas, debido a la gran eficiencia en producción que representa (Alegre & Mesas, 2002).

6. Boleado / *Boulage*

Consiste en dar forma de esferoide al fragmento de masa y su objetivo es reconstruir su estructura tras la división. Puede realizarse a mano, por si hay baja producción o el tipo de pan así lo amerite. O puede realizarse mecánicamente por medio de boleadoras, siendo las máquinas más frecuentes aquellas formadas por un cono truncado giratorio. (Alegre & Mesas, 2002, pág. 310).

7. Reposo / *Repos*

Las piezas de masa ya boleadas se dejan reposar. Este paso permite el rompimiento de los enlaces débiles de la red de gluten para lograr que se “relaje” después de las etapas de división y boleado. Sin este paso, la red de gluten ejercería resistencia durante el formado, dificultándolo y pudiendo generar un desgarro en la estructura de la masa.

8. Formado / *Façonnage*

Tiene como objetivo dar una forma específica al pan (hacerlo vistoso al público comprador). En piezas redondas no hace falta un formado, pero si esa pieza tiene una forma especial, por marketing o tradición, se debe realizar a mano. En el caso de los que poseen formas alargadas (baguettes, bâtards, fiselle, etc.) que forman parte del 85 % de la producción panadera a nivel industrial, se emplea máquinas formadoras que consisten en dos rodillos, donde uno tiene un movimiento giratorio contrario al del otro. Con esto logran enrollar la masa sobre sí misma con ayuda de una tela fija y otra móvil (Alegre & Mesas, 2002).

9. Segunda fermentación / *Aprêt*

Última fermentación, en la cual el pan gana mucho más volumen y sabor por acción de la levadura y/o bacterias, debido a que el almidón se degrada y se liberan monosacáridos. Se puede realizar a temperatura ambiente o preferiblemente, en cámaras de fermentación para reducir el tiempo. Las cámaras tienen una temperatura máxima de 30 °C (para evitar la separación de la grasa del pan) y con una humedad graduable del 75 %, evitando así costras antes del horneado. Estos parámetros son variables de acuerdo al tipo de pan que se esté realizando (Alegre & Mesas, 2002).

Se observa en la Figura 5, que a mayor tiempo de fermentación la degradación de carbohidratos es mucho mayor. Aunque actualmente, a nivel comercial, las fermentaciones llegan a degradar solo los disacáridos añadidos a la masa.

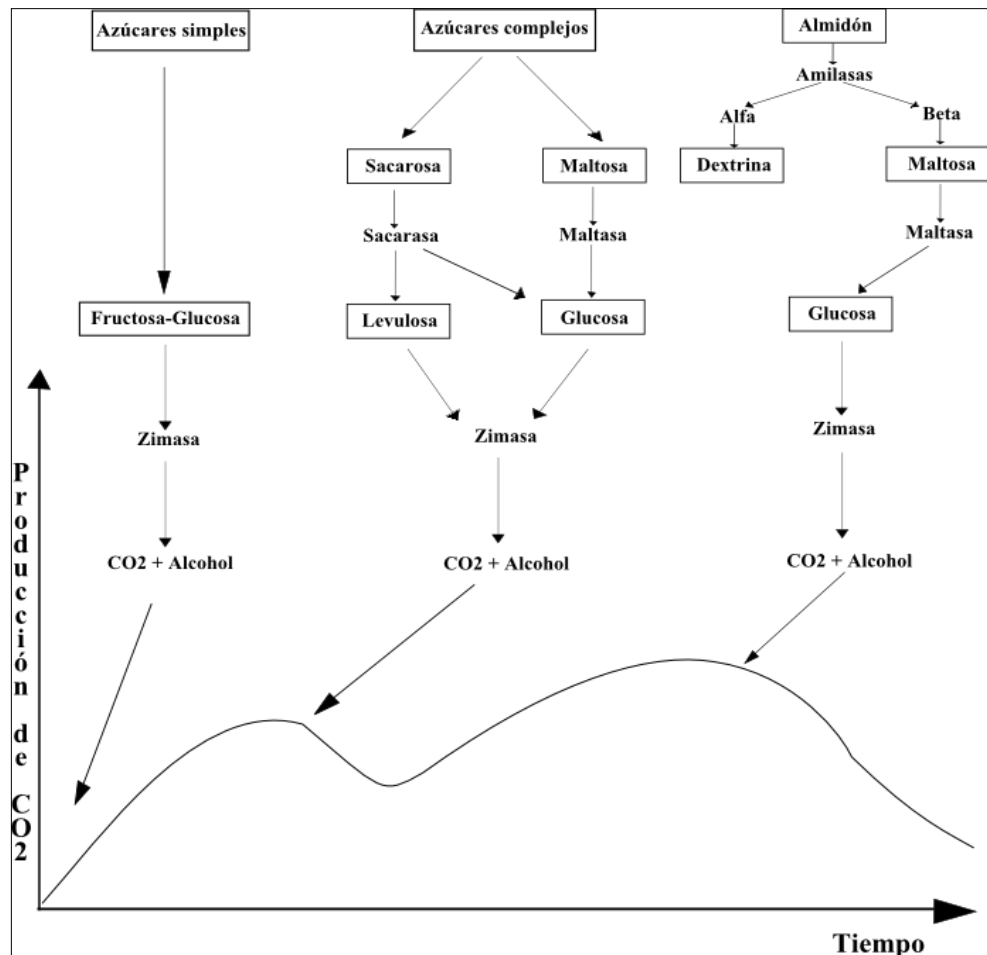


Figura 5. Degradación de los carbohidratos durante la fermentación
Fuente: (Viard, 1982, pág. 198)

10. Escarificación / *Grignage*

Puede decirse que un buen corte, regular y bien hecho, es un factor importante para el éxito y la calidad. Los panes se cortan con cuchillas especiales que deben estar perfectamente limpias y afiladas. Muchos profesionales usan cuchillas de afeitar, pero recordemos que solo pueden utilizarse si están fijadas en un mango metálico. Para la correcta realización de un corte, el panadero debe situarse siempre detrás de los panes, con el fin de no cambiar el ángulo de corte (Bilheux, Chalazon, & Michalet, 1990, pág. 34).

11. Horneado / *Cuisson ou enfournement*

Durante el tiempo que la masa se encuentra en el horno, esta se va calentando y las celdas de gas se van expandiendo, generando el crecimiento de la masa. El motivo principal de esta expansión, es la evaporación del agua y del alcohol que están retenidos en los alveolos e inducen el desarrollo hasta de un 50 % más del volumen de la masa, en comparación con su dimensión original. Este proceso se lleva a cabo únicamente durante los primeros 6 a 8 minutos de la cocción; luego de transcurrido ese tiempo la corteza se endurece, lo que genera retención de la evaporación. La temperatura interna del pan se encuentra entre 68 – 80 °C, en este rango el gluten forma enlaces fuertes mientras que el almidón sufre un hinchamiento debido a la absorción de agua, un desprendimiento de amilosa y finalmente gelificación. Es importante que la masa se vuelva una esponja (por los alveolos que posee) ya que caso contrario, durante el enfriamiento del pan los alveolos no tendrán suficiente resistencia, y se encogerán, el pan se aplanará o como se conoce en el argot de panadería: “se caerá la masa” (Ibeas & McGee, 2011).

12. Resudado / *Ressuage*

El pan suele perder agua en forma de vapor, el cual está contenido en el centro de la miga y migra hacia la costra, por ello los productos sacados del horno se deben poner sobre rejilla a fin de que la base del pan no se ablande por acción del vapor de agua.

1.5.2. Clasificación de panes de trigo

Existen múltiples formas de clasificar todos los panes, según el tipo de harina empleada, por las materias complementarias usadas, el empleo de levadura o fermento natural, según la forma, por el método de cocción, entre otros.

Los panes regionales en el Perú presentan diversas formas y fórmulas, las cuales están intrínsecamente ligadas a las tradiciones y leyendas. En caso de la capital los panes son reflejo de la influencia italiana, china, francesa, etc. En la Tabla 7 se encuentran los panes más representativos de cada clasificación.

Tabla 7.
Clasificación de panes vendidos a nivel nacional

| Clasificación | Tipos* |
|----------------------------|--|
| Panes populares | Francés, Ciabatta, Corriente, Coliza, Yema, Integral, Chalaco, Manteca, etc. |
| Panes dulces | Chancay, Bizcochos, Chuta, Rosca de reyes, Panetón, Torta de canela etc. |
| Viennoiserie | Croissant, Brioche, panes hojaldrados diversos, etc. |
| Panes regionales | Tanta wawas, Tres puntas, Molletes, Pan de agua, Sarnita, Chapla, Taparaco, Kuway, Semita, Maíz, Cachanga Dominguera, etc. |
| Panes con fermento natural | Baguette y Campesino |

*En estos panes se emplea mayormente levadura fresca, pero puede emplearse un porcentaje de poolish o cualquier tipo de masa madre, según el método escogido por el panadero. También puede reemplazarse en su totalidad con fermento natural.

Adaptado de: (Rousseau, 2017)

1.6. El pan campesino

1.6.1. Formulación

En el rubro de panificación existen formulaciones variadas para la creación de un pan campesino (forma bâtard), pero las características propias de un pan campesino en el Perú son su gran tamaño y el uso de harina integral o harina de cereales diversos. La formulación que se presenta en la Tabla 8 fue brindada por el Chef docente de Le Cordon Bleu Perú, con Maestría en panadería y amplia experiencia en el sector, Olivier Rousseau. El porcentaje de fermento que se debe emplear según él, coincide con el rango expuesto por Brandt (2007) en la que menciona que fermentos pastosos (50 % agua y 50% harina) se emplean de 3 % a 30 % en porcentaje panadero.

Tabla 8.*Formulación de un pan campesino*

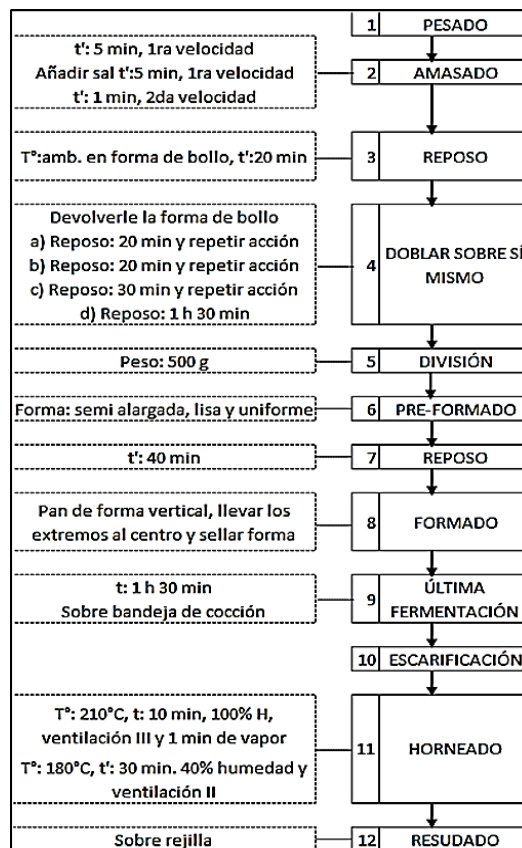
| Insumo | Cantidad | Unidad | % Panadero |
|------------------|----------|--------|------------|
| Harina panadera | 0.750 | kg | 100% |
| Harina integral | 0.250 | kg | |
| Sal | 0.025 | kg | 2.5 % |
| Fermento natural | 0.250 | kg | 25 % |
| Agua | 0.680 | L | 68 % |

Fuente: (Rousseau, 2017) & (Brandt, 2007)

Asimismo, también se puede emplear fermentos naturales hechos solamente con harina integral, harina blanca y cereales como avena, arroz, linaza, etc.

1.6.2. Proceso de elaboración

Se utilizó un diagrama de flujo (Figura 6) para representar mejor las etapas y los parámetros, estos pasos fueron dados por el mismo docente mencionado con anterioridad, del proceso de elaboración de un pan campesino.

**Figura 6.** Proceso de elaboración de un pan campesino

Fuente: (Rousseau, 2017)

1.7. Fermentos

Existen diferentes tipos de fermentos que se usan en panadería por ejemplo se tiene: “masa madre”, “fermento líquido”, “Biga” (dura y líquida), “Poolish”, “Levain”, “Sourdough”, “chef”, entre otros. Algunos usan levadura para acelerar el proceso y otros solo usan las bacterias naturales existentes en la harina de trigo, solo que a diferentes tasas de hidratación. Nos enfocaremos ahora más en los que usan cultivos iniciadores naturales ya que estas poseen una gran cantidad de microorganismos, pero en su gran mayoría son las bacterias *Lactobacillus sanfranciscensis* y *Candida milleri*, además de haber sido las más estudiadas. Debido a la amplia variedad de nombres que reciben estos fermentos naturales sin levadura comercial, en adelante se referirá a estos como “Fermento Natural Panadero (FNP)”.

El FNP tiene alrededor de unos 50 millones de levaduras y 5 mil millones de bacterias acidolácticas en una cucharadita (5 g aproximadamente) de FNP (Gadsby & Weeks, 2003). En el año 1970, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (o por sus siglas en inglés USDA) hizo un análisis de los FNP existentes en su país para tratar de determinar qué tipos de organismos existían en estos cultivos, como resultado, se halló un ecosistema de simbiosis de bacterias lactobacílicas (a las cuales llamaron *L. sanfranciscensis* debido a la ciudad en donde se recolectó los FNP) y levaduras del tipo *Candida*. Se cree que estas bacterias co-evolucionaron juntas lo que explicaría por qué no fueron halladas antes excepto en su hábitat natural, el FNP (Pollan, 2013).

El motivo de que estos dos microorganismos crezcan óptimamente en simbiosis es debido a que comparten el rango de temperatura de crecimiento que va de los 20 hasta los 28 °C (Quellen-Field, 2012) y a niveles de pH de 3.5 – 4 (Rupesh S. & Shraddha R., 2011), encontrándose incluso algunos a 4.3 (Courcoux, Dousset, Lhomme, & Orain, 2015). Otro punto importante es que la maltosa es el disacárido primordial para el desarrollo del FNP y no es utilizado por *Candida milleri*, pero sí por las bacterias acidolácticas (*Lactobacillus sanfranciscensis* etc.) sin tener la necesidad de transformarlo en glucosa, lo cual evita que exista una competencia por el sustrato. La maltosa, que se encuentra disponible en el FNP, es el resultado de la degradación del almidón libre por parte de la enzima amilasa propia de la harina (Kline & Sugihara, 1971).

Una diferencia entre *S. cerevisiae* y el FNP es que la primera genera un monocultivo de su especie, pero el FNP en cambio, es producto de una fermentación espontánea en la cual están presentes levaduras silvestres y bacterias (Gadsby & Weeks, 2003). Generalmente, un FNP contiene una gran variedad de *Lactobacillus* y levaduras silvestres que se encuentran a una ratio de 100:1 (Corsetti A., 2012). Como producto de la fermentación, estas bacterias ácido-lácticas (más adelante referidas como: BAL) dan una acidez notable al FNP y apreciable por el consumidor. Sumado al ácido láctico, estas bacterias también generan dióxido de carbono tanto como compuestos aromáticos agradables que contribuyen al sabor final del pan (Gadsby & Weeks, 2003).

Los microorganismos se desarrollan con mayor velocidad en medios líquidos ya que pueden acceder más rápidamente a los nutrientes; en una masa semisólida, crecen más despacio y requieren una atención menos frecuente. Como las levaduras y bacterias consumen los nutrientes de manera veloz, producen ácidos y otras sustancias inhibitoras del crecimiento, por ello deben renovarse con una frecuencia de dos o más veces al día. Al añadir harina y agua, los ácidos acumulados se diluyen y se suministra sustrato al cultivo. Luego se airea el fermento batiéndolo o amasándolo lo que brindará a los microorganismos el oxígeno necesario para construir las membranas de las nuevas células. Cuanto más frecuente se alimente el cultivo, más fácilmente crecerán los microorganismos y con mayor rapidez subirá la masa. Los cultivos deben incorporarse a la masa cuando estén creciendo y generando el máximo de burbujas; así pues, es necesario que los fermentos y las masas en crecimiento se conserven a una temperatura relativamente fresca (Ibeas & McGee, 2011, pág. 576)

La ecología bacteriológica en un FNP varía bastante dependiendo del país donde se realiza, no por cuestiones geográficas, sino por las tradiciones en las prácticas de recolección. Aunque el tipo de taxón de *Lactobacillus* en cada FNP no varían notablemente, las diferentes BAL que se pueden encontrar en menor proporción en un FNP según De Vuyst & Vancanneyt (2007) nos indican:

- Cantidad y tipo de sustratos en la harina→ Vitaminas, aminoácidos, carbohidratos, etc.
- Condiciones ambientales→ Potencial Oxido-Reducción, potencial de Hidrógeno (pH), temperatura, etc.
- Tecnología empleada→ Uso de levaduras compradas, uso de un trozo de masa de otro cultivo, etc.

Para panes de masas fermentadas se añade también una mezcla estable de BAL heterofermentativas a niveles de 10^7 y 10^9 unidades formadoras de colonias (UFC)/g. La especie *Lactobacillus*, principalmente *L. sanfranciscensis*, agrega una acidez característica al pan, mejora la textura y evita el deterioro. Cuando los artesanos elaboran panes de masa fermentada, el inóculo generalmente se elabora utilizando parte del lote anterior. La transferencia secuencial de cultivos puede mantenerlo activo durante décadas (Matthews & Montville, 2009, pág. 285).

1.7.1. Principales microorganismos presentes en el FNP

1.7.1.1. *Lactobacillus sanfranciscensis*

Lactobacillus sanfranciscensis es una de las BAL más importantes que conforman el FNP. Se encuentra en el grupo de las Gram positivas, no-espulante, productora de ácido láctico. Mejora las propiedades organolépticas y nutricionales (Daniel, De Vuyst, & Huys, 2012). Es heterofermentativa obligada (por la producción de 1 mol de CO₂, 1 mol de etanol, y 1 mol de ácido láctico por cada hexosa consumida) y es la bacteria dominante en el cultivo natural. Es muy empleado en el “Pan de San Francisco” (Estados Unidos) y en bastantes preparaciones italianas como Panettone, Cornetto, Brioche entre otros, en las cuales solo varían las tasas de hidratación. (De Vuyst & Vancanneyt, 2007).

A continuación, se presenta la Figura 7, la cual muestra los metabolitos resultantes de carbohidratos y proteínas durante la etapa fermentativa de *Lactobacillus sanfranciscensis*, así como los efectos de estos sobre el pan.

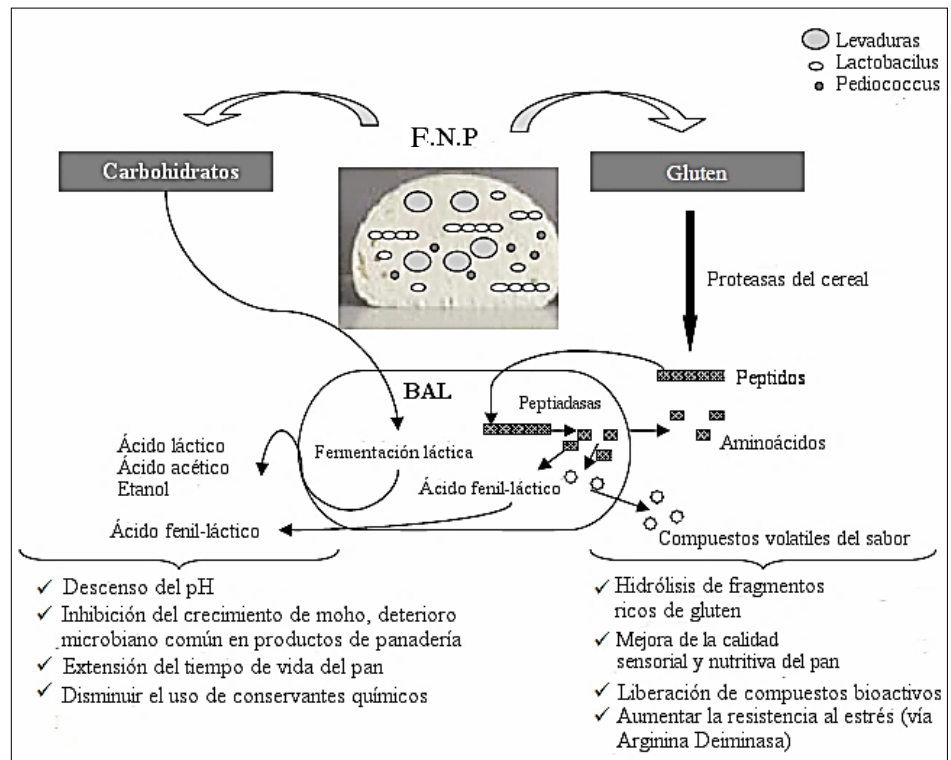
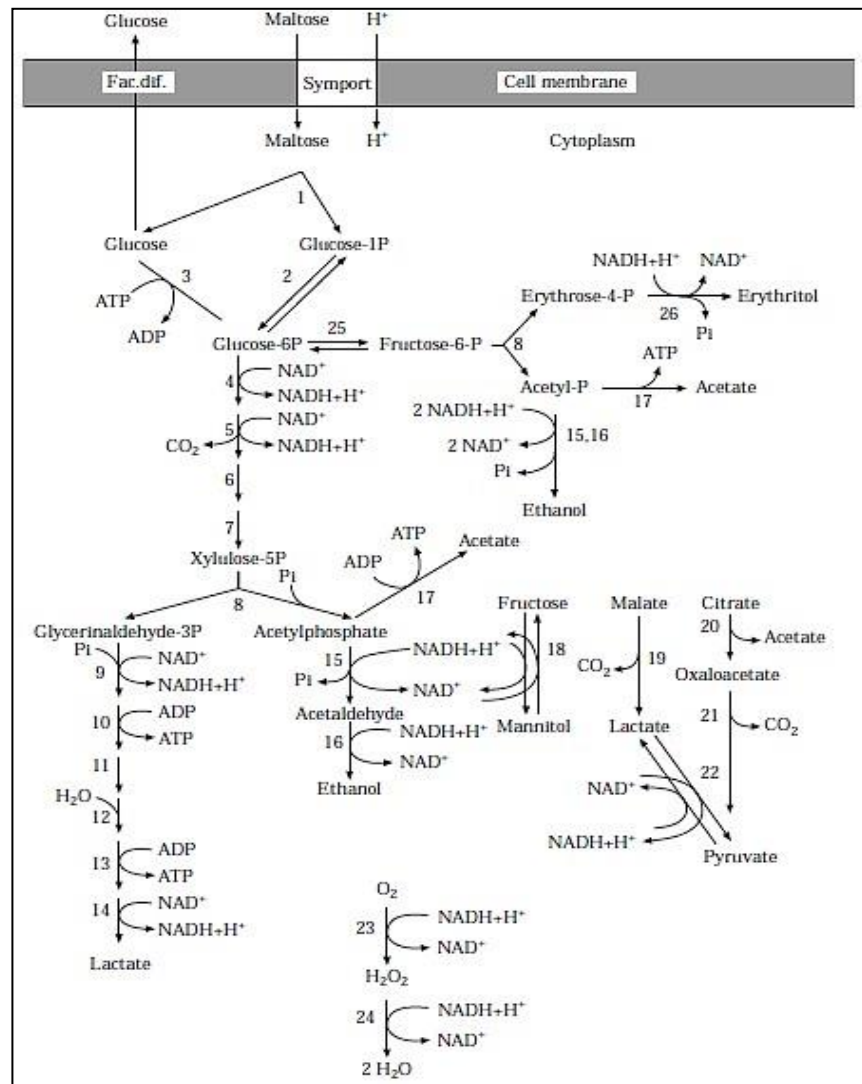


Figura 7. Metabolismo de carbohidratos y gluten por parte de BAL
 Fuente: (Dallagnol, Font de Valdez, Gerez, Rollan, & Torino, 2010, pág. 1169)

En el proceso de fermentación láctica, las BAL liberan aminoácidos promoviendo la actividad metabólica de los microorganismos, esto contribuye a la mejora del sabor y reduce péptidos alergénicos para los celíacos. Se puede observar una oportunidad para las personas que no pueden consumir productos con gluten por ser sensibles a la gliadina. Basados en estudios se ha determinado que al hacer un FNP y someterlo a condiciones específicas como fermentación larga y textura semilíquida las BAL son capaces de hidrolizar las fracciones alérgicas de la gliadina del trigo (México Patente n° WO2014072758 A1, 2014).

En la Figura 8, se muestra la ruta metabólica de la maltosa al entrar en la célula de *Lactobacillus sanfranciscensis* y los productos resultantes de esa ruta metabólica como son lactato, acetato, etanol, CO₂ entre otros compuestos.



Metabolismo de la maltosa y destino de posibles aceptores de electrones en la fermentación de maltosa. Las enzimas involucradas se dan en la siguiente lista: (1) maltosefosforilasa; (2) fosfoglucomutasa; (3) hexoquinasa; (4 - 8) enzimas de la ruta del fosfogluconato; (8) fosfoacetolasa; (9-14) enzimas de la ruta glucolítica Embden-Meyerhof; (15) fosfotransacetilasa; (16) alcohol deshidrogenasa; (17) acetato cinasa; (18) manitol deshidrogenasa; (19) enzima maloláctica; (20) citrato liasa; (21) oxaloacetato-descarboxilasa; (22) lactato deshidrogenasa; (23) NADH-H₂O₂ oxidasa; (24) NADH-eroidasa; (25) glucosa fosfato isomerasa; (26) eritritol deshidrogenasa y eritrosa-4-P-fosfotransferasa.

Figura 8. Reacciones metabólicas principales de *Lactobacillus sanfranciscensis*

Fuente: (Corsetti & Gobetti, 1997, pág. 179)

Lactobacillus sanfranciscensis es pequeña comparado con las levaduras, fue encontrada en un principio en los panes hechos con “sourdough” en la ciudad de San Francisco en Estados Unidos. Se creía que aquel microorganismo era exclusivo de esa zona geográfica, pero luego esa misma especie fue hallada también en diferentes fermentos alrededor del mundo.

Algunas de sus características según Quellen-Field (2012) son:

- Mejor crecimiento a un pH menor a 5.5 y mayor a 3.5 y no crece bien por encima de 6.5.
- Crece más rápido a temperaturas de 32 °C.
- Muere a concentraciones de sal por encima del 4 %.
- No le afecta cuando el nivel de alcohol sube hasta 6 % en la masa.

Es productor de ácido láctico, acético y un importante antibiótico llamado cicloheximida el cual elimina microorganismos que quieran entrar en competencia por el sustrato y que le resulten perjudiciales. A pesar de esto, este antibiótico no representa un daño a las levaduras naturales como por ejemplo *Candida milleri*, entre otros y a lacto- bacterias de su misma especie (Quellen-Field, 2012).

Se ha demostrado también, que su factor de crecimiento está fuertemente ligado a los cambios bruscos de actividad de agua, si hay alta actividad de agua como 0.99 aumenta en 2 unidades logarítmicas, pero si esta baja a 0.94 disminuye 1 unidad logarítmica lo que quiere decir que si se le añade mucha harina a la masa esta bacteria puede ralentizar su actividad (Guerrini, Venturi, & Vincenzini, 2012).

Este microorganismo cuando en el medio donde habita, se encuentra bajo estrés y existe una abundancia de maltosa, la hidroliza separando el enlace glucosídico mediante la enzima intracelular maltosa-fosforilasa y excreta glucosa (Guerrini, Venturi, & Vincenzini, 2012) dentro del medio de cultivo generando disponibilidad de azúcar para las levaduras presentes. Hay diferentes especies y cepas (variedades dentro de una especie) de bacterias además de *Lactobacillus sanfranciscensis*. Otras especies de *Lactobacillus* que se encuentran en fermentos naturales o llamados cultivos iniciadores son *plantarum*, *pentosus*, *rossi*, *acidophilus*, *delbrueckii*, *homohiochii*, *bilgardii*, *viridescens*, *panis*, *pastorianus*, *oris*, *reuteri*, *buchneri*, *fructivorans*, *salivarius*, *brevis*, *fermentum*, *casei* y *paraplantarum* (Quellen-Field, 2012).

Lactobacillus sanfranciscensis necesita más que solo azúcar para sobrevivir, y lo que no se obtiene de la harina lo obtiene de las células muertas de la levadura, por lo que cada uno de los simbioses (*Lactobacillus sanfranciscensis* - *Candida milleri*) en la asociación producen algo que el otro necesita. Obviamente existen otras levaduras y bacterias creciendo en pequeñas colonias al mismo tiempo (Quellen-Field, 2012, pág. 138).

1.7.1.2. *Candida milleri*

Esta levadura al igual que las demás está calificada como anaerobia facultativa, ya que pueden realizar ambas fermentaciones y respiraciones. Si existe una falta de oxígeno, las levaduras llevarán a cabo la fermentación de todas formas (Gianotti, Guerzoni, Serrazanetti, & Vernocchi, 2012).

Crece rápidamente a temperaturas de 27 °C, pero produce productos con sabores indeseables, por ello se recomiendan temperaturas menores de 21 a 24 °C para el pan (Quellen-Field, 2012) además, si es sometida a más de 35 °C, detiene su crecimiento. En cambio, si esta levadura está en asociación con *L. sanfranciscensis* su crecimiento puede encontrarse en el rango de 25 a 30 °C (Daniel, De Vuyst, & Huys, 2012).

No resiste mucho a los niveles altos de alcohol como *L. sanfranciscensis*, aunque el crecimiento de estos dos desciende rápidamente a cero cuando los niveles de alcohol llegan al 8 % en la masa (Quellen-Field, 2012). El pH no es un factor determinante para su crecimiento, aunque la sal sí, si llegan a niveles de 4 % se inhibe totalmente de su actividad fermentativa (Daniel, De Vuyst, & Huys, 2012). La levadura comercial no sobrevive mucho tiempo en un medio ácido de un FNP. Además de *Candida milleri*, existen variedades de levaduras salvajes, que viven en armonía con la bacteria generadora de ácido en el cultivo, como *Candida krusei*, *Pichia saitoi* y *Saccharomyces exiguus* (Quellen-Field, 2012).

Según Gianotti, Guerzoni, Serrazanetti, & Vernocchi (2012) estas levaduras sufren constantes variaciones en su medio, pero han desarrollado una capacidad de sobrevivencia y adaptación ante cambios de condiciones. Un mecanismo muy empleado por estos microorganismos es la iniciación de un programa de expresión de genes para proteger a la célula de efectos adversos de un cambio brusco del medio de crecimiento.

Los autores mencionados con anterioridad, exponen que en un FNP las condiciones que afectan directamente el crecimiento de las levaduras, como se muestra en la Tabla 9, son:

Tabla 9.
Factores que afectan crecimiento de las levaduras

| Factores | Efectos |
|---|-------------------------------|
| pH bajo | Stress ante el ácido |
| Poca disponibilidad de sustrato | Inanición |
| Presencia de sales, glucosa y polisacáridos | Stress osmótico |
| Oxígeno | Stress oxidativo |
| Virajes de temperatura | Destrucción por shock térmico |
| Ausencia de BAL | Baja interacción con el medio |

Fuente: (Gianotti, Guerzoni, Serrazanetti, & Vernocchi, 2012)

1.7.2. Beneficios de la aplicación de fermentos naturales

1.7.2.1. Beneficios nutricionales

En los granos del trigo como en otros cereales y leguminosas existe el ácido fítico o conocido también como fitatos, encontrándose en la cantidad de 3 a 22 miligramos de fitatos por gramo del cereal. Es considerado un antinutriente ya que impide la absorción de los minerales de la harina integral al actuar como agente quelante de cationes de calcio, magnesio, hierro y zinc; además de transformar los aminoácidos básicos volviéndolos menos biodisponibles para el ser humano (Katina & Poutanen, 2012).

En la harina también se encuentra la fitasa (enzima degradadora de los fitatos) pero al estar expuesta a niveles bajos de acidez no llega a degradar a todo el fitato existente. Pero se ha demostrado que a niveles altos de ácido generados por BAL en masas (pH 4.3 – 4.6) la actividad de fitasa aumenta. Sumado a esto, se ha comprobado que los FNP son más eficientes que las levaduras comerciales en reducir los fitatos de las harinas integrales de trigo (Corsetti, De Angelis, Di Cagno, & Gobetti, 2005), representando así, un beneficio muy importante para las personas que consumen panes integrales con FNP.

Existen en la harina proteínas clasificadas según su solubilidad como las albúminas (hidrosolubles), globulinas (solubles en sales diluidas), gliadinas (solubles en alcohol) y gluteninas, que son solubles en ácido acético (De la Vega Ruiz, 2009), además se ha demostrado que *L. sanfranciscensis*, *L. alimentarius*, entre otros, tienen propiedades proteolíticas, por ende, han podido hidrolizar las proteínas mencionadas con anterioridad (Corsetti, De Angelis, Di Cagno, & Gobetti, 2005). Esta actividad proteolítica lo pudieron comprobar Balestrieri et. al (1998) en un experimento con caseína fluorescente luego de que *L. sanfranciscensis*, a diferencia del resto de bacterias del tipo *Lactobacillus*, tuviera una actividad 10 veces mayor, siendo la más proteolítica.

También se realizaron experimentos como el de Arendt, Clarke, Dockery, O'Sullivan, & Schober (2004) donde extrajeron al cabo de 24 horas muestras de gluten húmedo para posteriormente realizar un escaneado láser observándose una degradación significativa de la red de gluten debido a la acción de proteasas y microorganismos como *Lactobacillus sanfranciscensis*.

Algunos otros experimentos han podido demostrar, que el FNP en combinación con enzimas fúngicas logran reducir la concentración de gluten a niveles inferiores a 10 ppm, cantidad que es tolerable por los celíacos (Gänzle & Gobetti, 2012), esta proteólisis generaría un aumento en la concentración de aminoácidos en la masa durante la fermentación. Por otra parte, si se usase exclusivamente levadura comercial el nivel de aminoácidos libres sería menor (Corsetti, De Angelis, Di Cagno, & Gobetti, 2005).

1.7.2.2. Beneficios organolépticos

Gran parte de las BAL encontradas en FNP's, contribuyen bastante con el olor del pan, debido a la producción de ornitina; el sabor, por el metabolismo de aminoácidos (De Vuyst & Vancanneyt, 2007); textura, ya que se liberan al medio extracelular exopolisacáridos que son la capa más externa de la superficie bacteriana constituida por polímeros de monosacáridos (Aznar, Dueñas, Jimenez, Lopez, & Ruas- Maicedo, 2012); y en la prolongación del tiempo de vida útil del pan, por las actividades metabólicas sinérgicas de los microorganismos que producen ácidos orgánicos como el acético y láctico, inhibiendo así, el crecimiento del moho durante el almacenamiento. (Paterson, Pigott, & Salim-ur-Rehman, 2006). Esta producción de ácidos hace más complejos y peculiares los sabores, los cuales difieren notablemente de un pan común elaborado con levadura. En un experimento elaborado por Decock & Capelle (2005) se realizó una microextracción de fase sólida o SPME (por sus siglas en inglés) seguido por una cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masa (GC-SM) de un pan elaborado con fermento (inferior) y un pan elaborado sin fermento (superior), cuyos resultados se muestran en el cromatograma de la Figura 9.

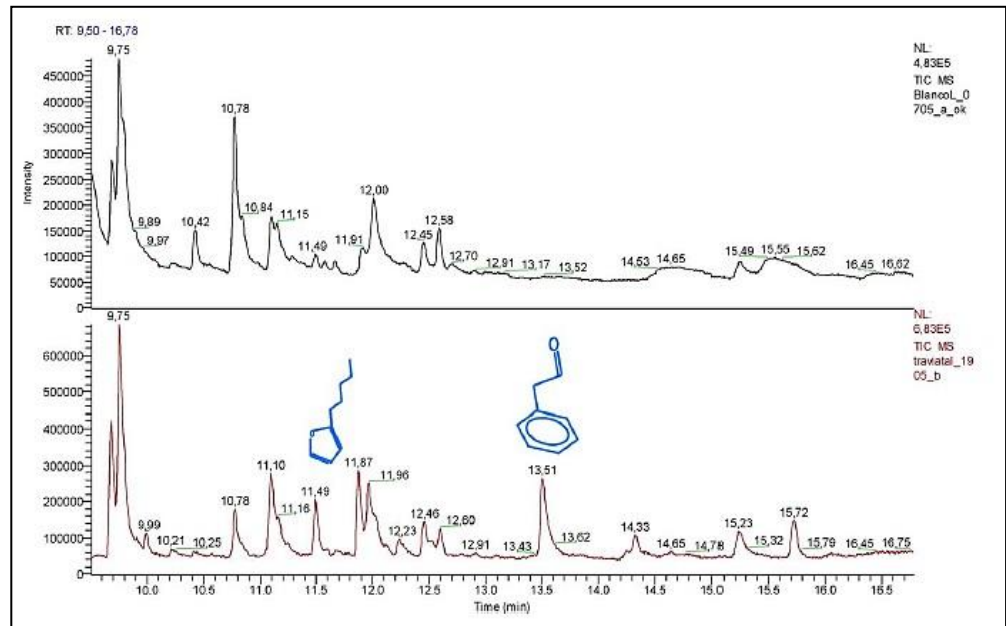


Figura 9. Cromatograma comparativo de pan elaborado FNP y uno normal
Fuente: (Capelle & Decock, 2005)

De la Figura 9, se observa que cada minuto transcurrido en la cromatografía del FNP, se presenta mayor cantidad de picos de intensidad de compuestos volátiles notables a comparación del que no llevó fermento en su elaboración y siguió un método directo, el cual al minuto 12.58 deja de presentar compuestos volátiles.

El empleo de FNP, no solo se ve reflejado en la textura de la miga o el grosor de la costra formada, sino también en los aromas primarios y secundarios de los panes. Es sabido que los olores que se encuentran en estos tipos de panes es el resultado de la acidificación de la masa por parte de las bacterias y la proteólisis que puede ser atribuido a *L. sanfranciscensis*. Además de esto, depende mucho de la cantidad de carbohidratos fermentables, cantidad de amilasas, xilanasas, y peptidasas (Paterson, Pigott, & Salim-ur-Rehman, 2006). Se ha demostrado que los FNP's que tienen la simbiosis de *Lactobacillus sanfranciscensis* y *Candida milleri* (microorganismos que se encuentran en gran cantidad en FNP's) presentan características sensoriales como un suave olor y sabor ácido agradable (Paterson, Pigott, & Salim-ur-Rehman, 2006).

Si el panadero desea controlar a ambos tipos de microorganismos debe saber que *Lactobacillus sanfranciscensis* contribuye con sabores, los cuales pueden hacerse más fuerte o más sutil, dependiendo del tipo de pan que desea lograr. En el caso de la levadura *Candida milleri* esta ayuda aportando también dióxido de carbono para hacer el pan más ligero. Por ello, es bueno saber las condiciones óptimas de crecimiento de cada tipo de organismo en favor de un balance adecuado (Quellen-Field, 2012).

Es sabido también que, el porcentaje de hidratación en una masa con FNP influye directamente en los metabolitos producidos por las bacterias y que como consecuencia se generarían cambios en el perfil sensorial. Se ha reportado que, mientras posea menos hidratación la masa de pan campesino se produce menos ácido láctico, pero más ácido acético. En caso contrario, si la tasa de hidratación es muy elevada, la acidificación de la masa será más rápida ya que los ácidos orgánicos se difundirán mejor en el medio por la alta actividad de agua (Capelle & Decock, 2005).

En el FNP se han identificado alcoholes, ésteres y compuestos de carbonilo (Tabla 10), los cuales influyen directamente en el sabor del pan, parte de estos sabores y aromas pueden generarse también durante el horneado (Corsetti, y otros, 1995).

La producción de compuestos volátiles en masas fermentadas está claramente influenciada por la actividad de las BAL y las levaduras, por ello otro factor determinante, aparte del porcentaje de hidratación, que influiría en la cantidad y tipos de metabolitos formados sería también la temperatura de fermentación empleada durante su elaboración.

Tabla 10.

Compuestos aromáticos volátiles identificados en panes con FNP

| Compuestos volátiles del fermento y del pan sin levadura comercial | | |
|---|--|--|
| Alcoholes | Ésteres | Compuestos carbonilos |
| <ul style="list-style-type: none">EtanolPropanolMetilpropanol2-butanol (tr)Butanol2- y 3-metilbutanolPentanolHexanol2-hexanol(E)-2-hexenolHeptanolOctanol (tr) | <ul style="list-style-type: none">Acetato de EtiloPropanoato de EtiloAcetato de ButiloAcetato 2-MetilbutiloAcetato de PentiloHexanoato de EtiloAcetato de HexiloLactato de EtiloOctanoato de Etilo | <ul style="list-style-type: none">AcetoínaDiacetil(E)-2-Heptenal,2-Hentilfurano |

Fuente: (Rupesh S. & Shraddha R., 2011)

Estudios han demostrado que las BAL convierten la glutamina (aminoácido más abundante en las proteínas del trigo) en glutamato. Este proceso, como se observa en la Figura 10, ayuda a la adaptación de las BAL en el medio ácido del FNP, debido a que hay un consumo de protones y liberación interna de amoníaco ayudando a mantener el pH de la célula en neutro. Además de esto la formación de glutamato tiene un efecto positivo directo en las propiedades sensoriales de los panes (Gänzle & Gobetti, 2012).

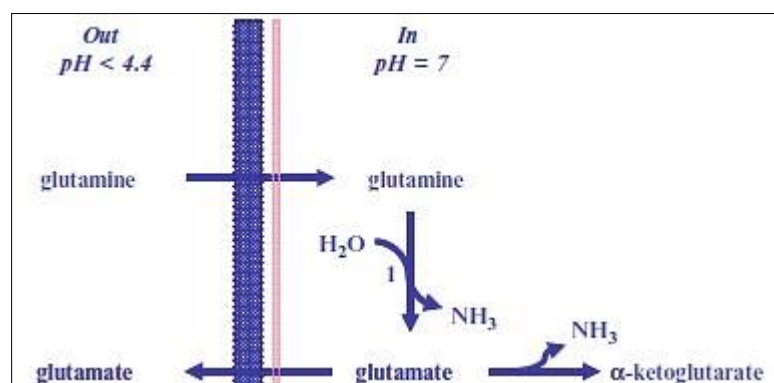


Figura 10. Metabolismo de la glutamina

Fuente: (Gänzle & Gobetti, 2012, pág. 197)

Se muestra además en la Figura 11, que existen dos procesos de proteólisis durante la fermentación del pan, donde las proteasas activadas a un pH de 3.5-4 por el ácido láctico así como el acético (Benedito, Collar, & Martínez-Anaya, 1994) y actividades metabólicas de los microorganismos, van degradando las cadenas de gluten hasta reducirlas a aminoácidos y péptidos, siendo estos últimos responsables del sabor particular de los panes elaborados con FNP.

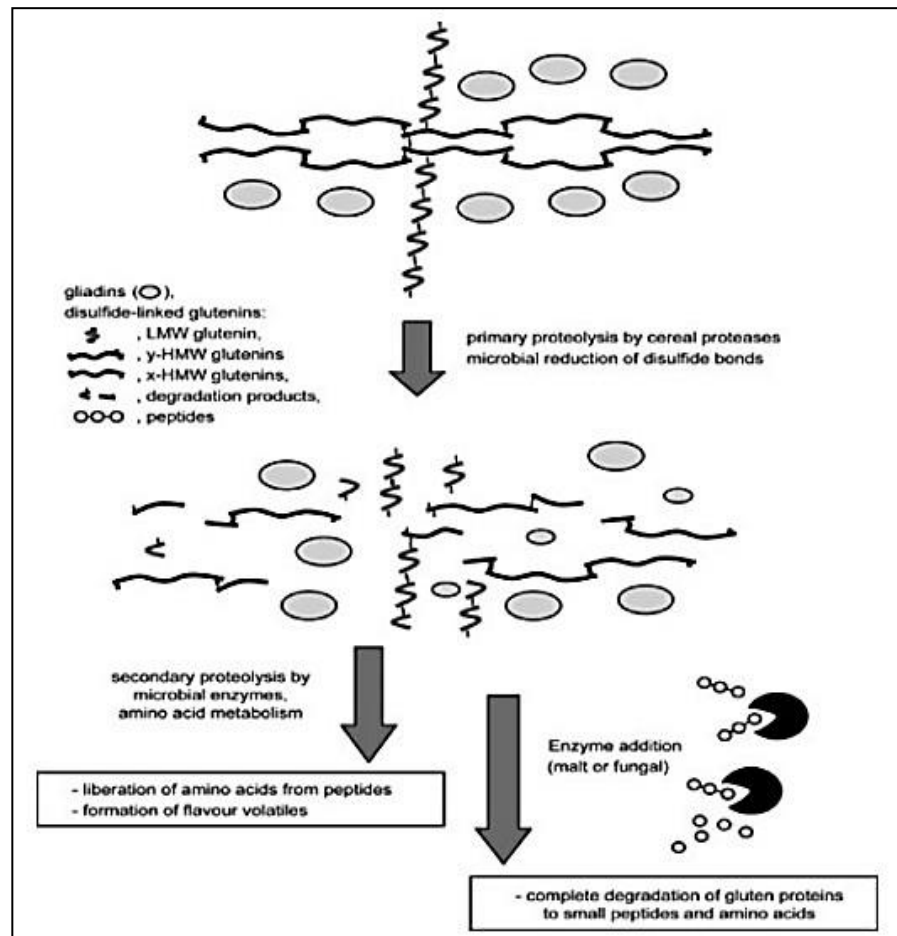


Figura 11. Primera y segunda proteólisis durante la fermentación

Fuente: (Rupesh S. & Shraddha R., 2011)

1.7.2.3. Beneficios tecnológicos

Dentro de los beneficios tecnológicos más importantes, se puede encontrar el aumento de la vida útil del pan, debido a la presencia de los ácidos orgánicos (láctico, acético, propiónico y fenil-láctico) ya que poseen acción antifúngica, estos ácidos son generados por las levaduras y bacterias en simbiosis.

En un estudio realizado por Font de Valdez, Gerez, Rollan, & Torino (2009) el cual buscaba inhibir la acción de contaminantes en el pan como *Penicillium sp.*, *Fusarium graminearum* y *Aspergillus niger*, se demostró que el empleo de una simbiosis de *Saccharomyces cerevisiae* con especies presentes en el FNP como *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuteri* y *Lactobacillus brevis* y el empleo de 0.2 % de propionato de calcio hace que el pan aumente su tiempo de duración pasando de 2 días (si se elaborase únicamente con levadura comercial) a 8 días. Este tiempo de duración es el mismo si solo se emplease *Saccharomyces cerevisiae* y propionato de calcio, pero en proporción mayor como el 0.4 % en la masa. Cabe señalar también, que el uso solamente de levadura y bacterias sin propionato de calcio le dio al pan un tiempo de vida de 5 días. Esto implica la reducción de dosis de conservantes y también evitaría pérdidas por contaminantes en el pan cocido.

A continuación, se presenta la Tabla 11, en la cual se expone la importancia de los ácidos, enzimas, exopolisacáridos y el dióxido de carbono generado por los microorganismos de las especies *Candida* y *Lactobacillus*.

Tabla 11.*Efectos de metabolitos en la harina, masas y pan*

| Metabolitos | Efecto en los componentes de la harina | Efecto en la estructura de la masa/pan |
|------------------|---|---|
| Ácidos orgánicos | Incremento del hinchamiento y solubilidad del gluten. | Menor tiempo de mezclado, menor estabilidad de la masa. |
| | Mayor retención de agua del gluten y almidón. | Aumento de la elasticidad y suavidad de la masa. |
| | Aumento de la proteólisis de proteínas del gluten a través de las proteasas endógenas de la harina. | Tanto aumento como reducción del volumen de pan. |
| | Aumento de la solubilidad de pentosanos mediante hidrólisis ácida y pentonasas endógenas. | Mejora del volumen y estructura de la miga del pan de centeno y de trigo. |
| | Inhibición de alfa-amilasas endógenas. | Mejora la "horneabilidad" del pan de centeno. |
| Enzimas | Proteólisis | Debilitamiento de la estructura del gluten, suavizado de la masa. |
| | Glutación-reductasa | |
| Exopolisacáridos | Incremento de la absorción del agua. | Mayor suavidad de la masa y la textura del pan, mayor volumen. |
| | Interacción con la red gluten-almidón. | |
| | Inhibición de la retrogradación del almidón. | Aumento de tiempo de vida en anaquel. |
| CO ₂ | Expansión de las celdas de gas. | Hinchamiento de masa y pan |

Fuente: (Galle, 2012, pág. 219)

1.7.3. Proceso de fermentación en panadería

1.7.3.1. Fermentación láctica

En panadería se llama fermentación láctica debido a que el producto final del proceso fermentativo, llevado a cabo por las BAL, es ácido láctico y no debido a la presencia de lactosa como sustrato. Estas bacterias son las responsables de que el FNP se acidifique, y según su proceso metabólico están divididas en dos grupos:

- **BAL homofermentativas**

Su principal característica es la sola producción de ácido láctico a partir de la degradación del almidón en maltosa, el cual es provocado por las amilasas propias de la harina. Esta maltosa es degradada a su vez en glucosa por la BAL para poder realizar una fermentación homoláctica. También se ha podido observar que solo en simbiosis con levaduras salvajes pueden sintetizar etanol y CO₂ a partir del piruvato formado, mediante la fermentación alcohólica (Giralt, 2015). Se presenta la siguiente Figura 12 que muestra la ruta metabólica de la fermentación homoláctica que se da en las masas de pan:

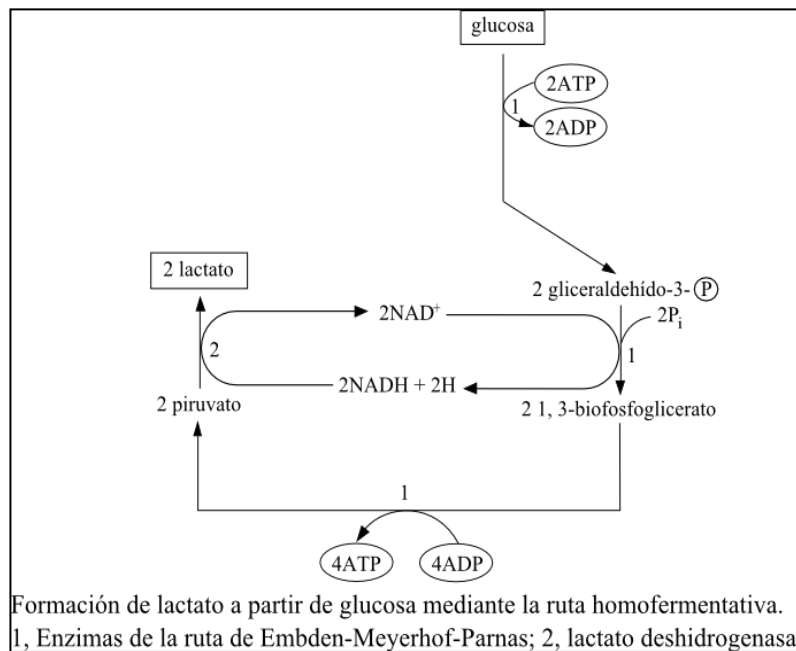
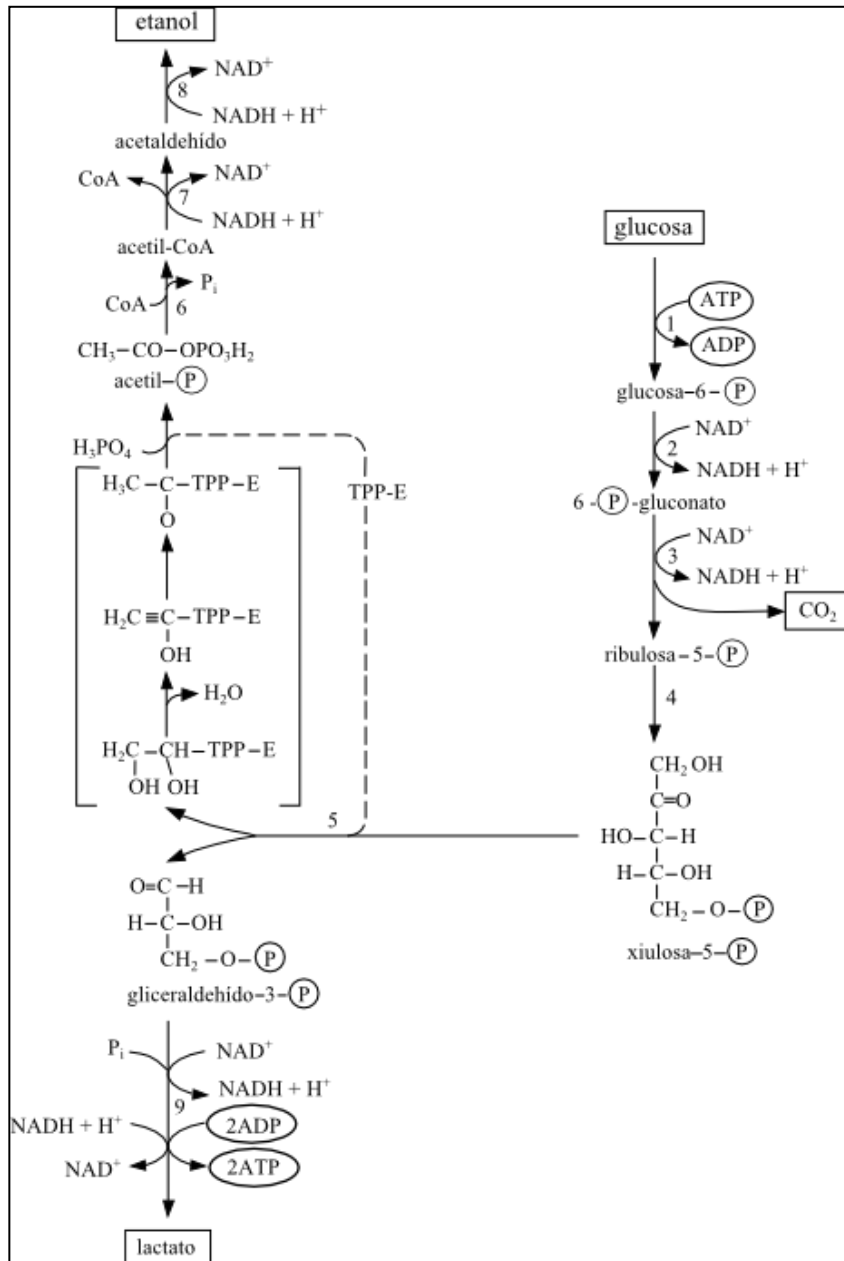


Figura 12. Fermentación homoláctica

Fuente: Del original (Gottschalk, 1986) pág. 216

- **BAL heterofermentativas**

Este tipo de BAL producen ácido láctico, CO₂ y etanol a partir de la glucosa generada por la hidrólisis del almidón por parte de las levaduras, bacterias y enzimas. Para ejemplificar el proceso, se presenta la Figura 13, en ella se muestra toda la ruta metabólica de la fermentación heteroláctica.



Formación de CO₂, lactato y etanol a partir de glucosa mediante la ruta heterofermentativa. 1, hexokinasa; 2, glucosa-6-fosfato deshidrogenasa; 3, 6-fosfogluconato deshidrogenasa; 4, ribulosa-5-fosfato 3-epimerasa; 5, fosfocetolasa. La reacción de escisión produce glicer aldehído-3-fosfato y la enzima ligada α , β -dihidroxietil-tiamina pirofosfato. Este es convertido en acetil-TPP-E mediante la ruta de α -hidroxivinil derivativa; la escisión fosforilítica resulta en la formación de acetil fosfato. 6, fosfotransacetilasa; 7, acetaldehído deshidrogenasa; 8, alcohol deshidrogenasa; 9, enzimas como en la ruta homofermentativa.

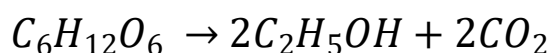
Figura 13. Fermentación heteroláctica

Fuente: Del original (Gottschalk, 1986) pág. 217

1.7.3.2. Fermentación alcohólica

En panificación, la fermentación alcohólica que es la más común, es llevada a cabo por la levadura *Saccharomyces cerevisiae* la cual es añadida por los panaderos y le confiere al pan una textura esponjosa. Este hongo unicelular “despierta” de su estado de letargo mediante el agua y se multiplica rápidamente mientras metaboliza los azúcares presentes en el medio. El dióxido de carbono liberado durante la fermentación queda atrapado dentro de la masa de pan, donde forma pequeñas bolsas de gas. Al amasar, las células de levadura multiplicadas se distribuyen de manera uniforme por toda la masa de pan, favoreciendo un leudado uniforme dando por resultado porosidad y aumento del volumen (Audesirk et al. 2008 p. 139).

El motivo por el cual las levaduras consumen azúcar, es la obtención de energía, y como producto se sintetiza CO₂ y alcohol. Este proceso se describe con la siguiente fórmula:



(1 Molécula de glucosa produce 2 moléculas de alcohol y 2 moléculas de dióxido de carbono)

Durante la elaboración del pan el alcohol se queda retenido dentro de la masa hasta que el calor del horno fuerce su salida. Si a la masa no se le añade azúcar, la levadura se alimentará de glucosa, fructosa y maltosa, azúcares que las enzimas de la harina producen a partir de los gránulos de almidón dañados. Pero si hay presencia de azúcar en la masa la actividad fermentativa aumentará, siempre y cuando no se encuentre en gran cantidad porque caso contrario, su actividad se verá disminuida (Ibeas & McGee, 2011), este comportamiento es similar en caso existiese mucha cantidad de sal en la masa, se generará una alta presión osmótica sobre la célula de la levadura. Es por ello que en masas enriquecidas que poseen altas concentraciones de sacarosa en su composición, se emplea levadura osmotolerante (Myhrvold & Migoya, 2017).

Sumado a lo dicho anteriormente, la temperatura juega un papel importante en la actividad fermentativa de la levadura, ya que a 35 °C presenta su pico máximo de crecimiento y producción de dióxido de carbono. Además, la fermentación genera la oxidación de productos secundarios de la levadura que contribuyen a la unión de las moléculas de glutenina por sus extremos. Es por ello, que una masa poco manejable, tras la fermentación se vuelva todo lo contrario (McGee & Ibeas 2011).

1.8. Perfil de textura sensorial

El análisis de perfil de textura es un procedimiento que trata de imitar los movimientos durante la masticación, nos ayuda a estandarizar valores y se encuentra conformado por 7 aspectos como:

1. Fracturabilidad

Es la dureza con la que una muestra de alimento cruje. Es expresado en Newtons (N) (Hleap & Velasco, 2010). Los alimentos que presentan fracturabilidad son aquellos que poseen baja cohesividad y dureza. Para evaluar esta característica los panelistas colocan el alimento entre los molares y deben masticar hasta que la muestra cruja o se desintegre (Bourne, 2002).

2. Dureza:

Se define como la fuerza requerida para la compresión de un alimento entre los molares (para productos sólidos) o entre la lengua y el paladar (para productos semi-sólidos), es expresado en N (Bourne, 2002).

3. Cohesividad

Fuerza de unión de las partículas de un alimento, y también muestra el límite de deformación antes de romperse (Hleap & Velasco, 2010).

4. Adhesividad

Definido como la fuerza requerida para despegar la muestra del paladar durante el proceso de masticación (Bourne, 2002).

5. Elasticidad

Consiste en la altura que un alimento obtiene durante el tiempo que transcurre durante la primera y la segunda compresión. Esta característica se evalúa mediante la medición de la deformación del alimento por la masticación y comparándolo con la estructura inicial. Es una longitud dividida entre otra longitud (Hleap & Velasco, 2010).

6. Gomosidad

Según Bourne (2002), la gomosidad es la energía que necesita la mandíbula para desintegrar un alimento, hasta que esté apto para ser deglutido. La evaluación de la gomosidad sin uso de un texturómetro consiste en indicar al panelista que coloque el alimento a evaluar en su boca y la mueva entre la lengua y el paladar. Se interpretará como la extensión de la manipulación requerida por la boca antes de que el alimento se desintegre.

7. Masticabilidad

Referido como el tiempo requerido para masticar un alimento (de tamaño estándar) a una fuerza estándar para reducirla a una consistencia ideal para ser deglutida. La manera manual de evaluar la masticabilidad es contando las masticadas dadas por un panel y sacando un promedio, lo que representará el número máximo de masticadas que puede dar un panelista para un determinado producto específico (Bourne, 2002).

CAPITULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación corresponde al tipo Experimental.

Asimismo, trata de dar explicación del comportamiento de las variables con una medición cuantitativa y descubrimiento de las causas, en el caso particular de la investigación, se busca determinar el comportamiento de las propiedades a nivel de textura en el pan campesino, elaborado a partir de un fermento natural.

El diseño específico de la investigación corresponde al tipo factorial:

Diseño de la investigación: 3x3

Número de repeticiones: 3

Numero de tratamientos de formulación: 3

Número de unidades experimentales: 9

La presente investigación se dividirá en 2 etapas como se observa en la Figura 14:

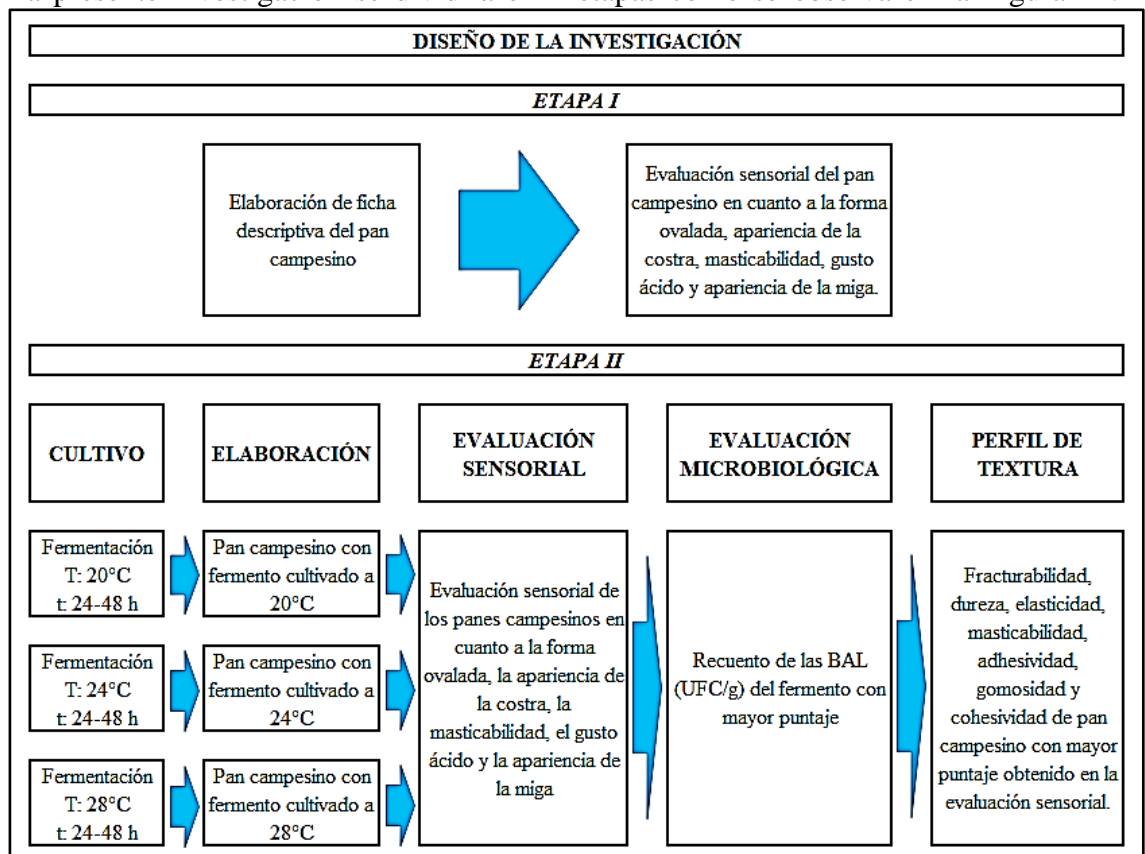


Figura 14. Etapas del diseño de la investigación
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ETAPA 1

3.1.1. Elaboración de ficha descriptiva

Debido a que no se encontró antecedentes que permitan evaluar sensorialmente un pan con fermento natural tipo campesino, se procedió a elaborar una ficha descriptiva, para ello el panel entrenado, conformado por 7 chefs especialistas en panadería, determinó los descriptores más resaltantes que caracteriza al pan campesino para dar la descripción y puntaje de cada atributo sensorial. Se tomó como referencia el pan tipo campesino de la panadería “El Pan de la Chola” ubicado en la Av. Mariscal La Mar 918, Miraflores-Lima.

Para la elaboración de la ficha descriptiva, se tomó en cuenta 5 atributos importantes, los cuales en primera instancia tuvieron que ser descritos tal como se muestra a continuación.

3.1.1.1. Forma

En la Tabla 12 se presenta la ficha descriptiva para la calificación de la forma ovalada.

Tabla 12.

Ficha descriptiva de la forma ovalada del pan campesino

| Forma: Ovalada | | |
|----------------|------------|--|
| Puntuación | Valoración | Descripción |
| 1 | Malo | Deforme e irregular; no presenta extremos ovalados. |
| 2 | Regular | Ovalado solo en uno de los extremos. |
| 3 | Bueno | Ovalado en 2 de los extremos. |
| 4 | Muy bueno | Semi-ovalado; con deformaciones o irregularidades no muy notorias en los extremos. |
| 5 | Excelente | Ovalado en todos 4 extremos. |

Fuente: Elaboración Propia

Característica externa, se considera de calificación excelente cuando el pan es regularmente ovalado que, al dividir el pan en cuatro áreas, este debe presentar igualdad en estos extremos.

3.1.1.2. Apariencia de la costra

En la Tabla 13 se presenta la ficha descriptiva para la calificación de la apariencia de la costra.

Tabla 13.

Ficha descriptiva de la apariencia de la costra del pan campesino

| Apariencia: Costra | | |
|--------------------|------------|---|
| Puntuación | Valoración | Descripción |
| 1 | Malo | Color marrón oscuro con tendencia a negro en todo el pan, costra muy dura y muy gruesa. |
| 2 | Regular | Color marrón oscuro no uniforme con áreas negras, costra muy dura y muy gruesa. |
| 3 | Bueno | Color marrón oscuro con zonas ligeramente doradas, costra dura y gruesa. |
| 4 | Muy bueno | Color marrón dorado en la mayor parte de la superficie del pan, costra crocante y gruesa. |
| 5 | Excelente | Color marrón dorado uniforme en toda superficie del pan, costra crocante y gruesa. |

Fuente: Elaboración Propia

La apariencia como otra característica externa e interna del pan, se considera de calificación excelente que la superficie sea de color marrón uniforme, crocante y gruesa.

3.1.1.3. Masticabilidad

En la Tabla 14 se presenta la ficha descriptiva para la calificación de la masticabilidad de la miga del pan.

Tabla 14.

Ficha descriptiva de la masticabilidad de la miga del pan campesino

| Masticabilidad | | |
|----------------|------------|--|
| Puntuación | Valoración | Descripción |
| 1 | Malo | Difícil, alta resistencia al masticar para la desintegración y posterior deglución (41 – 44 masticadas). |
| 2 | Regular | Difícil de masticar y mediana resistencia a la desintegración para la deglución (37 – 40 masticadas). |
| 3 | Bueno | Masticable y con poca resistencia a la desintegración para la deglución (33-36 masticadas). |
| 4 | Muy bueno | Fácil masticación y leve resistencia para su desintegración y posterior deglución (29- 32 masticadas). |
| 5 | Excelente | Fácil masticación para la desintegración y posterior deglución (menor a 28 masticadas). |

Fuente: Elaboración Propia

Esta característica se considera de calificación excelente cuando la miga del pan sea de fácil masticación, se tomó un número menor a 28 masticadas como patrón que permite la desintegración y posterior deglución de la miga.

3.1.1.4. Acidez

En la Tabla 15 se presenta la ficha descriptiva para la calificación de la acidez en el gusto del pan campesino.

Tabla 15.

Ficha descriptiva de la acidez en el gusto del pan campesino

| Acidez (gusto) | | |
|----------------|------------|---|
| Puntuación | Valoración | Descripción |
| 1 | Malo | Acidez de fermentación intensa; intolerable y desagradable. |
| 2 | Regular | Acentuada acidez de fermentación; tolerable pero no agradable. |
| 3 | Bueno | Acidez de fermentación tolerable y ligeramente agradable. |
| 4 | Muy bueno | Suave acidez de fermentación agradable. |
| 5 | Excelente | Ligera acidez de fermentación de fondo, acompañado de sabores aromáticos. |

Fuente: Elaboración Propia

Se considera de valoración excelente cuando la miga presenta una ligera acidez acompañada de sabores y aromas.

3.1.1.5. Apariencia de la miga

En la Tabla 16 se presenta la ficha descriptiva para la calificación de la apariencia de la miga.

Tabla 16.*Ficha descriptiva de la apariencia de la miga del pan campesino*

| Apariencia de la Miga | | |
|-----------------------|------------|---|
| Puntuación | Valoración | Descripción |
| 1 | Malo | Alveolos de formas, tamaños irregulares y asimétricos; sin forma ovalada, muy pequeños y tupidos. Miga muy densa. |
| 2 | Regular | Alveolos de diferentes tamaños, pero con forma ovalada; miga medianamente densa. |
| 3 | Bueno | Alveolos de formas regulares y tamaños uniformes, alveolos ovalados pequeños y miga ligeramente densa. |
| 4 | Muy bueno | Alveolos de forma ovalada de tamaño mediano (0.8cm-1cm) y uniformidad en el tamaño. Miga ligera. |
| 5 | Excelente | Alveolos de forma ovalada de tamaño mediano (1.1cm-2cm máximo) y uniformidad en el tamaño. Miga muy ligera. |

Fuente: Elaboración Propia

Atributo interno del pan, el cual toma en cuenta como calificación excelente el tamaño de los alveolos que deben de ser de una medida de 1.1 a 2 cm como máximo, ser regulares entre sí y la miga no debe ser densa.

3.1.2. Elaboración de ficha de evaluación sensorial

Se elaboró la ficha de evaluación sensorial usando los cinco descriptores mencionados anteriormente: forma ovalada, apariencia de la costra, masticabilidad, acidez y apariencia de la miga, además se utilizó una escala hedónica de 5 puntos y una escala estructurada de 10 cm adecuada para el panel entrenado compuesto por 7 chefs, los cuales realizaron la evaluación en los laboratorios de pastelería. La ficha sensorial utilizada para el análisis se podrá hallar en el Anexo 30.

3.2. ETAPA 2

3.2.1. Cultivo del fermento

La formulación del fermento se muestra en la Tabla 17, este se dividió en tres porciones y posteriormente se llevaron a tres cámaras de temperaturas controladas de 20, 24 y 28 °C respectivamente. La harina de trigo empleada para los fermentos fue integral como se muestra en el Anexo 1, ya que se pueden encontrar mayor cantidad de bacterias y levaduras en harinas con alto contenido de cáscara o salvado. Por lo tanto, la actividad fermentativa será mayor (Raimondo, 2013).

Tabla 17.
Formulación de un FNP

| Insumo | Cantidad | Proporción |
|----------------------|----------|------------|
| Harina integral (kg) | 0.250 | 45.4% |
| Agua (L) | 0.300 | 54.5% |

Fuente: Elaboración Propia

Para el cultivo de los fermentos, se empleó en simultáneo una cámara de fermentación marca “METRO Flavor View C175 Heated Cabinet” la cual se mantuvo a 28 °C, también se empleó dos ambientes de panificación acondicionados con temperaturas controladas a 20 y 24 °C. Se obtuvieron datos de pH por cada hora transcurrida, para el control de pH se empleó un potenciómetro digital tipo lapicero de marca “Kynitel ATC-2011” y el tiempo fue controlado mediante un cronómetro. Se retiraron los fermentos de las cámaras cuando el pH diera un valor de 4 (Rupesh S. & Shraddha R., 2011) y se presentaran burbujas grandes de CO₂ característicos de un fermento natural en su punto óptimo.

3.2.2. Elaboración del pan campesino con los tres fermentos

Se elaboraron tres panes tipo campesino con cada uno de los tres fermentos obtenidos siguiendo la formulación de la Tabla 8, y asimismo el procedimiento dado en la Figura 6. Se controló la temperatura del amasado teniendo un valor de 28 °C, siendo muy similar a la temperatura ambiental del laboratorio, este es un factor relevante ya que está ligado a la textura de la masa durante la manipulación, lo que puede afectar posteriormente la calidad final del pan. A continuación, se presentan en la Tabla 18 las características de los equipos utilizados durante el procesamiento.

Tabla 18.

Equipos usados en la elaboración del pan campesino

| Equipo | Marca | Actividad |
|-------------------------|---|-------------------|
| Amasadora 2 velocidades | Nova (capacidad 50 Kg) | Amasado de pan |
| Cámara de fermentación | “METRO Flavor View C175 Heated Cabinet” | Fermentado de pan |
| Horno de convección | “Rational SCC 101G” | Horneado del pan |

Fuente: Elaboración Propia

A su vez, se describen las etapas de la elaboración seguidas en este experimento según la Figura 6.

1. Pesado

Se pesó los ingredientes según la formulación de la Tabla 8, esta etapa fue realizada a 26 °C, véase Anexo 16.

2. Amasado

Se vertieron a la amasadora los ingredientes y se amasaron a 1ra velocidad (lento) por 5 minutos como se puede observar en el Anexo 17, luego se añadió la sal (Anexo 18) y se continuó con el amasado por 5 minutos más. Cumplido ese tiempo, se pasó a 2da velocidad (amasamiento rápido) por 1 minuto, se corroboró que el gluten estaba bien desarrollado y por ello la masa fue dispuesta en un bowl para el reposo.

3. Reposo

La masa luego del amasado se dejó en reposo por 20 minutos a 26 °C.

4. Doblar la masa sobre sí misma

Transcurrido 20 minutos del reposo, la masa se dobló sobre sí misma siguiendo el procedimiento mostrado en la Figura 15.



Figura 15. Vueltas al pan campesino
Fuente: (Robertson, 2010)

El objetivo es dar fuerza y formar globos de aire en la masa, para lo cual se siguió la secuencia mostrada en la Figura 6.

- a) Se reposó de 20 minutos y se dobló sobre sí misma, llevando extremos al centro. Este procedimiento se repitió 2 veces más.
- b) Se reposó 1 hora y 30 minutos (véase Anexo 19)

En todo momento, se trató de no ejercer mucha presión para evitar el escape del CO₂, pero se procuró capturar la mayor cantidad de aire en la masa.

5. División

Después de la etapa del doblado, la masa de pan fue dividida y pesada en porciones de 500 g, que es el peso de un pan campesino comercial, se puede observar en el Anexo 20 y Anexo 21.

6. Pre-Formado

Se dio un preformado semi-alargado a las masas para uniformizarlas, recuperar la estructura para la retención del gas, dar una piel lisa, y ayudar en el formado final.

7. Segundo reposo

Posterior al preformado, se dejó reposar las masas de pan a 26 °C por 40 min y cubiertas con papel plástico para alimentos, esto facilitó la manipulación durante el formado final evitando desgarros en la masa, se puede ver el Anexo 22 para mayor detalle.

8. Formado final

Terminado el reposo, se dio el formado final poniendo la masa de forma vertical y luego doblando los extremos al centro para finalmente sellar la forma.

9. Última fermentación

Se dio la última fermentación a la masa de pan sobre una bandeja de cocción y en una fermentadora “METRO Flavor View C175 Heated Cabinet” a 28 °C, este punto fue importante para lograr el máximo volumen del pan y alveolos grandes. El punto óptimo se puede ver en el Anexo 23.

10. Escarificación

La escarificación se realizó con una navaja especial de panadería simulando al pan comercial, se dio 2 cortes diagonales de forma paralela a la piel del pan.

11. Horneado

La cocción se hizo un horno de convección marca Rational SCC 101G, se siguió los parámetros de cocción expuestos en la Figura 6, que involucraron 2 temperaturas y tiempos de cocción:

- a) 10 minutos a 210 °C, ventilación III, 1 minuto de inyección de vapor y al 100% de humedad (véase Anexo 24).
- b) 30 minutos a 180 °C, ventilación II y al 40% de humedad (véase Anexo 25).

12. Resudado

Al culminar el horneado, se dispuso los panes sobre una rejilla para que eliminasen el vapor, se enfríen y así se gelifique el almidón (Anexo 26).

3.2.3. Evaluación sensorial

Se procedió a hacer la prueba de evaluación sensorial con un jurado experto, conformado por siete personas, el cual evaluó los 5 puntos esenciales en un pan campesino marcando con un aspa sobre una línea de 10 cm, además entre cada degustación el jurado se enjuagó la boca con agua para no interferir con la objetividad de la prueba. Esta evaluación determinará cuál será el cultivo con mayor puntaje y además se sabrá la temperatura óptima de cultivo de un fermento natural para panadería.

3.2.3.1. Pan campesino comercial

Para este pan elaborado con 30% de harina integral (adquirido en la panadería “El Pan de la Chola” ubicado en la Av. Mariscal La Mar 918, Miraflores-Lima) también se usó la misma ficha y se le asignó el código 4708. Se tabularon y promediaron los resultados de la evaluación.

3.2.3.2. Panes campesinos elaborados con fermentos cultivados a distintas temperaturas

Se asignaron los códigos: 3903, 2039 y 6103 para los panes hechos con fermentos cultivados a 20, 24 y 28 °C respectivamente. Al término de la evaluación, los datos de cada temperatura fueron tabulados y promediados. Posteriormente, el fermento empleado en el pan con puntaje mayor fue llevado a un laboratorio para realizarle el recuento de BAL pertinente.

CAPITULO IV

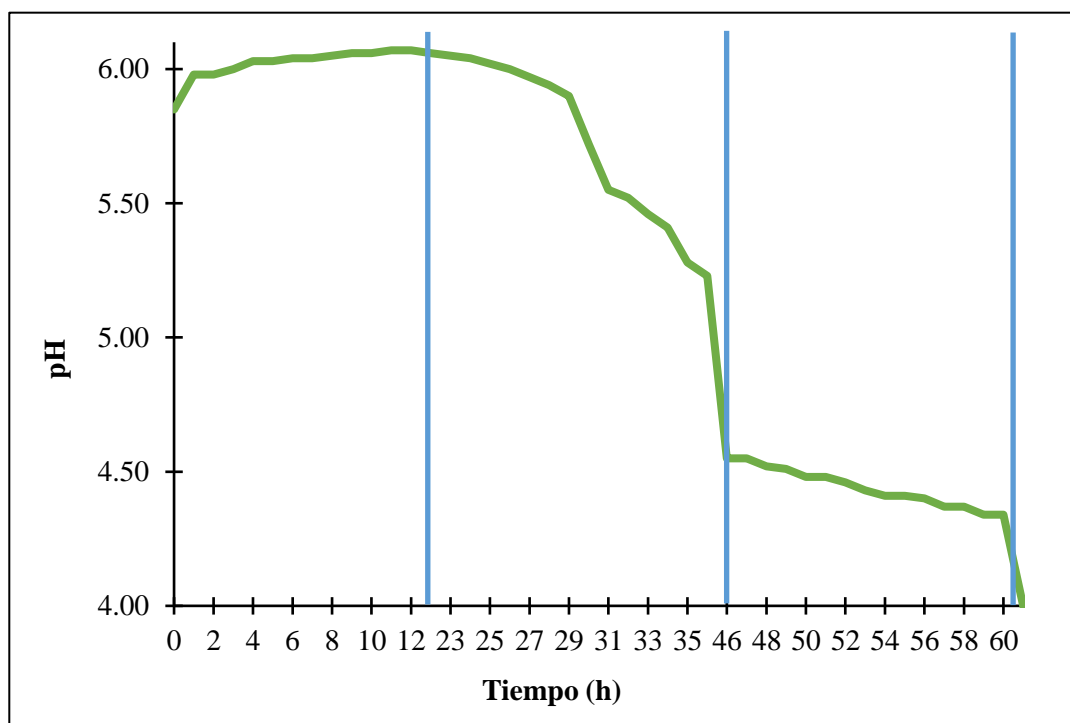
4. RESULTADOS

4.1. Cultivo de fermentos

Los cultivos de los fermentos a 20, 24 y 28 °C con una acidez inicial de 5.85, registraron un descenso del pH hasta alcanzar un valor final de 4, como se muestran en las Figuras 16, 17 y 18. En las gráficas, se evidencian también rangos de 10 horas (líneas azules) en los cuales no se midió el pH por falta de acceso a las cámaras. El cultivo del fermento a 20 °C tuvo una duración de 71 horas, a 24 °C una duración de 54 horas y a 28 °C una duración de 36 horas.

4.1.1. Cultivo de fermento a 20 °C

Se evidenció que a las 48 horas a un pH de 4.5 comenzó a aparecer puntos blanquecinos de levaduras. A las 53 horas presentó una muy ligera elevación de volumen sin formación de burbujas. Al llegar a un pH de 4 solo se generó burbujas pequeñas, pero se presentó levaduras superficiales en el 30% aproximadamente de la superficie del fermento, se puede observar esto en los Anexos 2, 3, 4, 12 y 15. En la Figura 16, se aprecia la evolución del pH conforme el paso del tiempo en el fermento cultivado a 20 °C.



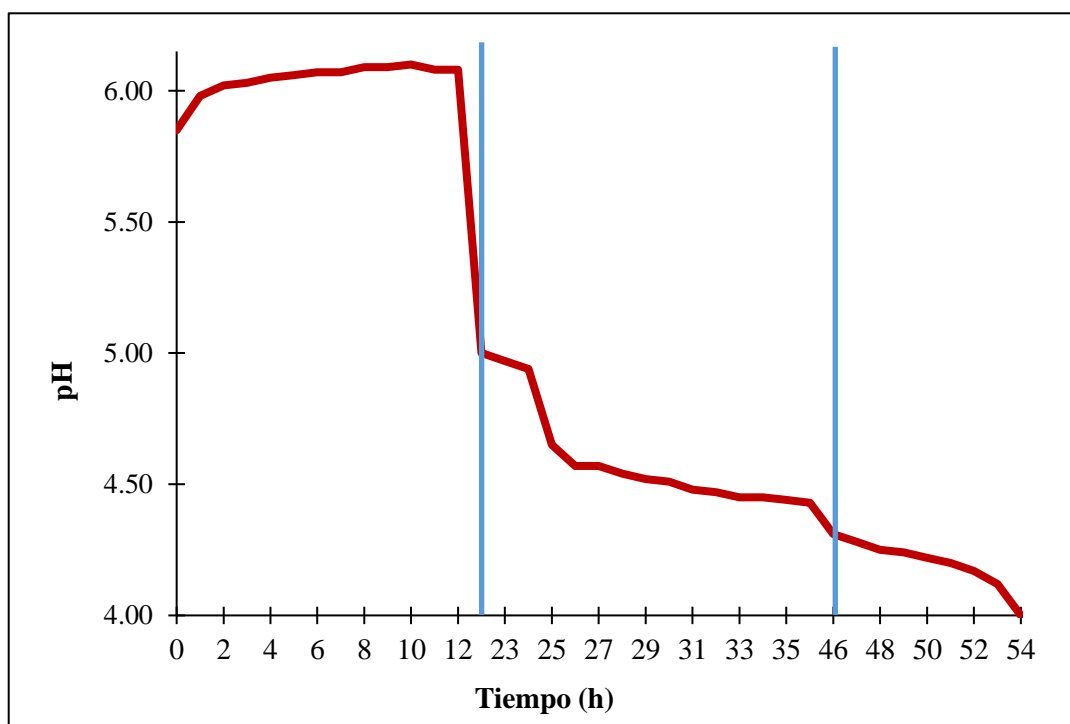
En comparación con los otros 2 fermentos, demandó más tiempo (71 horas), y durante las primeras 10 horas el fermento se alcaliniza hasta casi 6.1 de pH y luego desciende hasta un pH final de 4.

Figura 16. Evolución del pH del fermento a 20 °C

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Cultivo de fermento a 24 °C

Se vio a las 33 horas de incubación, que empezó a presentar un ascenso volumétrico y formación de burbujas pequeñas. También se pudo observar que al igual que el fermento incubado a 20 °C, a las 48 horas hubo la presencia de puntos blanquecinos debido a las levaduras, solo cuando el pH mostraba un valor de 4.25. A las 54 horas de cultivo del fermento, se formaron burbujas de tamaño mediano las cuales generaron un aumento en el volumen. Presentó además irregularidad superficial, así también mostró una mayor cantidad de levaduras en un 70% de la superficie aproximadamente, y se percibió un olor a ácido láctico propio de este tipo de fermento (Véase los Anexos 5-7 y 13). En la Figura 17 se aprecia la evolución del pH conforme el paso del tiempo en el fermento cultivado a 24 °C.



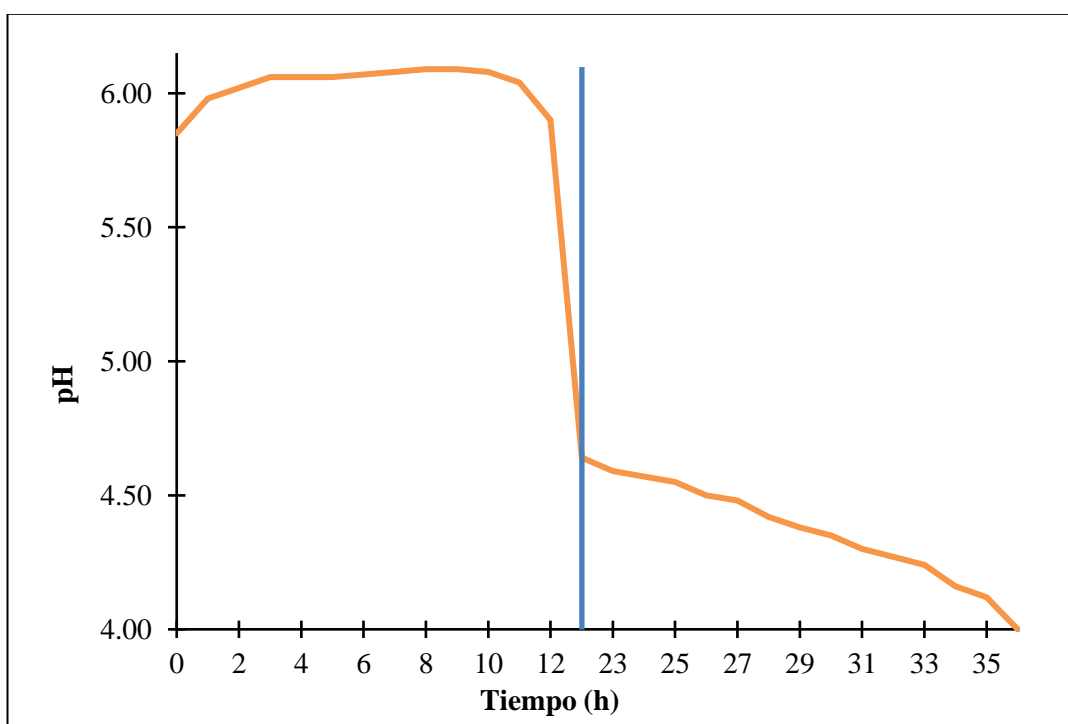
El fermento incubado a 24 °C necesitó de 54 horas. Al igual que en la Figura 16, se torna menos ácido, pero a las 11 horas llegando a un pH de 6.1 y luego comienza su descenso hasta un pH de 4.

Figura 17. Evolución del pH del fermento a 24°C

Fuente: Elaboración Propia

4.13. Cultivo de fermento a 28 °C

Cabe mencionar, que no se reportó formación de levaduras durante las horas en las que se realizó la incubación. A las 32 horas de fermentación, presentó pequeñas burbujas con apariencia de espuma. Finalmente, a las 36 horas se formaron burbujas de gran tamaño con elevaciones irregulares a nivel superficial, un aumento en el volumen y se percibió también un olor de ácido láctico, el cambio de estado se puede ver en los Anexos 8-10 y 14. En la Figura 18 se aprecia la evolución del pH conforme el paso del tiempo en el fermento cultivado a 28 °C.



El fermento tuvo menos tiempo de incubación (36 horas), de igual forma mostró un ligero ascenso de pH y luego descendió hasta alcanzar el pH de 4.

Figura 18. Evolución del pH del fermento a 28 °C

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Resultados de evaluación sensorial

4.2.1. Resultados de evaluación sensorial de pan campesino comercial

Luego de la evaluación sensorial del pan campesino comercial, se realizó la tabulación y promedio de los puntajes dados por los jurados que se presentan a continuación en la Tabla 19. Este pan obtuvo puntajes de 4.0 en la forma ovalada; 4.7 en la apariencia de la costra; 4.5 en el gusto ácido; 5.0 en la apariencia de los alveolos de la miga y 4.1 en la masticabilidad de la miga, estos valores muestran que es un producto que cumple óptimamente con gran parte de las características ideales de un pan campesino según la ficha descriptiva elaborada.

Tabla 19.

Puntaje promedio por atributo de pan campesino comercial

| Pan Campesino comercial (Pan N°4708) | |
|---|-----------------|
| Atributo | Puntajes |
| Forma ovalada | 4.0 |
| Apariencia de la costra | 4.7 |
| Masticabilidad de la miga | 4.5 |
| Gusto ácido | 5.0 |
| Apariencia de la miga - Alveolos | 4.1 |

Fuente: Elaboración Propia

El ítem donde obtuvo menor puntaje fue en la “forma ovalada” pero obtuvo su mayor puntaje en el “gusto ácido” teniendo una calificación de excelente.

4.2.2. Resultados de evaluación sensorial de panes campesinos elaborados con fermentos cultivados a distintas temperaturas

Luego de la evaluación sensorial, realizada por los 7 jurados de los tres tipos de panes elaborados con fermentos incubados a 20, 24 y 28 °C, se realizó la tabulación y promedio de los puntajes por cada atributo evaluado.

4.2.2.1. Resultados de evaluación sensorial de la forma ovalada

La Tabla 20 presenta los puntajes obtenidos en el atributo de forma ovalada.

Tabla 20.

Puntaje promedio del atributo de forma ovalada de los tres panes campesinos

| Forma Ovalada | | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Jurado | Pan N°3903 (20 °C) | Pan N°2039 (24 °C) | Pan N°6103 (28 °C) |
| J1 | 4.0 | 3.0 | 3.0 |
| J2 | 2.0 | 2.3 | 4.0 |
| J3 | 2.5 | 4.0 | 4.0 |
| J4 | 2.6 | 3.5 | 4.0 |
| J5 | 2.8 | 3.7 | 4.0 |
| J6 | 3.0 | 3.4 | 4.0 |
| J7 | 3.0 | 4.0 | 3.0 |
| Promedio | 2.84 ± 0.62 | 3.41 ± 0.6 | 3.71 ± 0.49 |

Fuente: Elaboración Propia

El pan con mayor puntaje en esta prueba fue el Pan N°6103 elaborado con fermento cultivado a 28 °C obteniendo 3.71 ± 0.49 puntos. Se observa que es un producto que tuvo una semi-regularidad en su forma según la ficha descriptiva elaborada. En contraposición, el Pan N°3903 elaborado con el fermento cultivado a 20 °C, obtuvo el menor puntaje siendo 2.84 ± 0.62 puntos.

4.2.2.2. Resultados de evaluación sensorial de la apariencia de la costra

La Tabla 21 evidencia los puntajes obtenidos en el atributo de apariencia de la costra.

Tabla 21.

Puntaje promedio del atributo de apariencia de la costra de los tres panes campesinos

| Apariencia de la Costra | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Jurado | Pan N°3903 (20 °C) | Pan N°2039 (24 °C) | Pan N°6103 (28 °C) |
| J1 | 3.0 | 4.0 | 4.0 |
| J2 | 2.3 | 4.0 | 4.0 |
| J3 | 3.0 | 4.0 | 4.0 |
| J4 | 3.2 | 4.5 | 4.0 |
| J5 | 3.5 | 5.0 | 4.0 |
| J6 | 3.0 | 4.2 | 3.5 |
| J7 | 4.0 | 4.0 | 5.0 |
| Promedio | 3.14 ± 0.52 | 4.24 ± 0.38 | 4.07 ± 0.45 |

Fuente: Elaboración Propia

El pan con mayor puntaje en esta prueba fue el Pan N°2039 elaborado con fermento cultivado a 24 °C obteniendo 4.24 ± 0.38 puntos. Se muestra que es un producto que cumplió con un color marrón-dorado adecuado, una costra crocante y gruesa, a diferencia del Pan N°3903 que obtuvo el menor puntaje siendo de 3.14 ± 0.52 puntos.

4.2.2.3. Resultados de evaluación sensorial de la masticabilidad de la miga

La Tabla 22 presenta los puntajes obtenidos en el atributo de la masticabilidad de la miga.

Tabla 22.

Puntaje promedio del atributo de la masticabilidad de la miga de los tres panes campesinos

| Masticabilidad de la Miga | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Jurado | Pan N°3903 (20 °C) | Pan N°2039 (24 °C) | Pan N°6103 (28 °C) |
| J1 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| J2 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| J3 | 4.7 | 5.0 | 5.0 |
| J4 | 4.6 | 5.0 | 5.0 |
| J5 | 4.7 | 5.0 | 5.0 |
| J6 | 4.5 | 5.0 | 5.0 |
| J7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Promedio | 4.79 ± 0.21 | 5.0 ± 0.0 | 5.0 ± 0.0 |

Fuente: Elaboración Propia

Los panes con mayor puntaje en esta prueba fueron el Pan N°2039 y el Pan N°6103 respectivamente, obteniendo ambos con 5.0 puntos. Ambos panes tuvieron una fácil masticabilidad menor a 28 masticadas. A diferencia de ellos, el Pan N°3903 obtuvo el menor puntaje obteniendo 4.79 ± 0.21 puntos, aunque sigue estando en el rango aceptable.

4.2.2.4. Resultados de evaluación sensorial del gusto: acidez

En la Tabla 23 se observa los puntajes obtenidos en el atributo del gusto de acidez.

Tabla 23.

Puntaje promedio del atributo del gusto ácido de los tres panes campesinos

| Gusto Ácido | | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Jurado | Pan N°3903 (20 °C) | Pan N°2039 (24 °C) | Pan N°6103 (28 °C) |
| J1 | 3.0 | 4.0 | 4.0 |
| J2 | 3.6 | 5.0 | 4.0 |
| J3 | 3.5 | 5.0 | 5.0 |
| J4 | 4.0 | 4.7 | 5.0 |
| J5 | 3.4 | 4.5 | 4.0 |
| J6 | 3.7 | 4.5 | 4.0 |
| J7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Promedio | 3.74 ± 0.63 | 4.67 ± 0.37 | 4.43 ± 0.53 |

Fuente: Elaboración Propia

El Pan N°2039 es un producto que cumple con una acidez de fermentación agradable, además se pueden percibir aromas y sabores complejos por la formación de compuestos aromáticos. En cambio, el Pan N°3903 obtuvo el menor puntaje siendo de 3.74 ± 0.63 puntos.

4.2.2.5. Resultados de evaluación sensorial de apariencia de la miga: alveolos

La Tabla 24 muestra los puntajes obtenidos en el atributo de la apariencia de los alveolos de la miga.

Tabla 24.

Puntaje promedio del atributo de la apariencia de la miga: alveolos de los tres panes campesinos

| Apariencia de la Miga - Alveolos | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Jurado | Pan N°3903 (20 °C) | Pan N°2039 (24 °C) | Pan N°6103 (28 °C) |
| J1 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| J2 | 2.0 | 4.0 | 3.0 |
| J3 | 3.5 | 4.5 | 4.0 |
| J4 | 3.5 | 3.8 | 3.0 |
| J5 | 4.0 | 3.7 | 4.0 |
| J6 | 3.4 | 4.0 | 3.0 |
| J7 | 4.0 | 4.0 | 3.0 |
| Promedio | 3.49 ± 0.71 | 4.00 ± 0.25 | 3.43 ± 0.53 |

Fuente: Elaboración Propia

El pan con mayor puntaje en esta prueba, fue el Pan N°2039 elaborado con fermento cultivado a 24 °C obteniendo 4.0 puntos. Este pan cumplió con un tamaño uniforme de alveolos midiendo aproximadamente 1 cm, además de tener una miga ligera. El Pan N°6103 obtuvo 3.43 puntos siendo el menor puntaje de todos, presentando alveolos no tan grandes.

4.3. Resultados de análisis estadístico

En el análisis estadístico se utilizó el DCA y el ANOVA para ver el grado de significancia de las muestras y la prueba de Tukey que determinó la muestra óptima. Para ello, se empleó el paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 23. Los resultados se presentan a continuación por cada atributo.

4.3.1. Resultados tabulados del ANOVA de cada atributo

La Tabla 25 muestra el valor-P de la prueba-F a un 95 % de confianza de cada descriptor, los cuales si son menores de 0.05 evidencian una diferencia estadísticamente significativa. Solo un atributo de los 5 no mostró una diferencia significativa la cual fue la “Apariencia de la miga: Alveolos”.

Tabla 25.
Resultados de ANOVA de los descriptores

| Descriptor | ANOVA (0.05) | |
|---------------------------------|--------------|--------------------------|
| | Valor-P | Diferencia significativa |
| Forma ovalada | 0.0321 | Si |
| Apariencia de la costra | 0.0005 | Si |
| Masticabilidad de la miga | 0.0051 | Si |
| Acidez | 0.0107 | Si |
| Apariencia de la miga: Alveolos | 0.1149 | No |

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. Resultados de Tukey de descriptores

4.3.2.1. Forma Ovalada

De acuerdo al gráfico de medias de la Figura 19, se concluyó que el contraste de los puntajes del Pan N°3903 (20 °C) – Pan N°6103 (28 °C) fue el único que presentó una diferencia significativa de una amplitud de 0.871 puntos (Tabla 30).

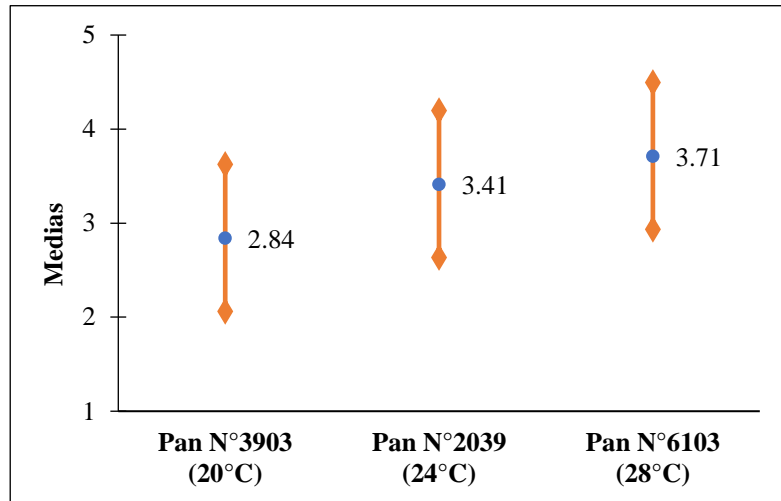


Figura 19. Gráfico de medias de la forma ovalada

Debido a que la muestra de código Pan N°6103 (28 °C) poseyó mayor puntaje según la Tabla 20, esta fue la escogida entre todas.

4.3.2.2. Apariencia de la costra

Como se muestra en la gráfica de medias de la Figura 20, se concluyó que el contraste de los puntajes del Pan N°2039 (24 °C) – Pan N°3903 (20 °C) presentó una diferencia significativa de una amplitud de 1.1 puntos (Tabla 33) teniendo el mayor puntaje de ambos el Pan N°2039 en la evaluación sensorial. Además, el segundo contraste significativo fue el Pan N°3903 (20 °C) – Pan N°6103 (28 °C), el cual presentó 0.928 puntos de diferencia teniendo el mayor puntaje el Pan N°6103.

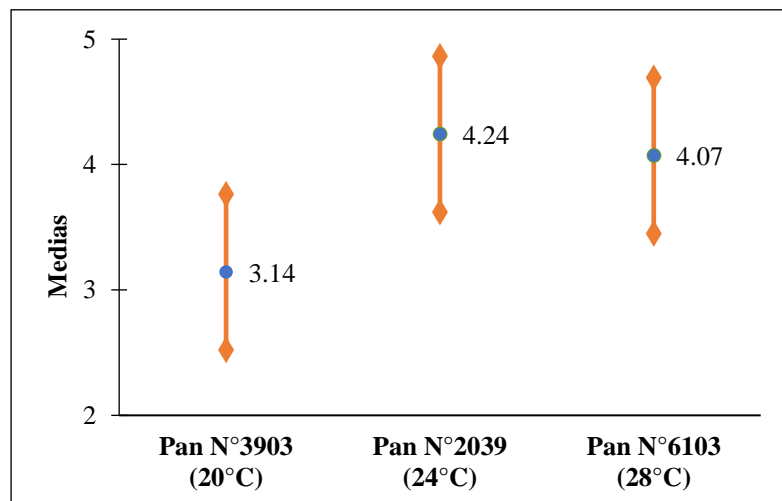


Figura 20. Gráfico de medias de la apariencia de la costra

Debido a que el Pan N°2039 (24 °C) poseyó el mayor puntaje de ambos contrastes, según la Tabla 21, esta fue la escogida entre todas.

4.3.2.3. Masticabilidad de la miga

De acuerdo al gráfico de medias de la Figura 21, se concluyó que el contraste de los puntajes del Pan N°2039 (24 °C) – Pan N°3903 (20 °C) presentó una diferencia significativa de una amplitud de 2.142 puntos (Tabla 36) siendo el mayor puntaje de ambos el del Pan N°2039 en la evaluación sensorial. Además, el segundo contraste significativo fue el Pan N°3903 (20 °C) - Pan N°6103 (28 °C) el cual presentó también 2.142 puntos de diferencia entre ellos teniendo el mayor puntaje el Pan N°6103.

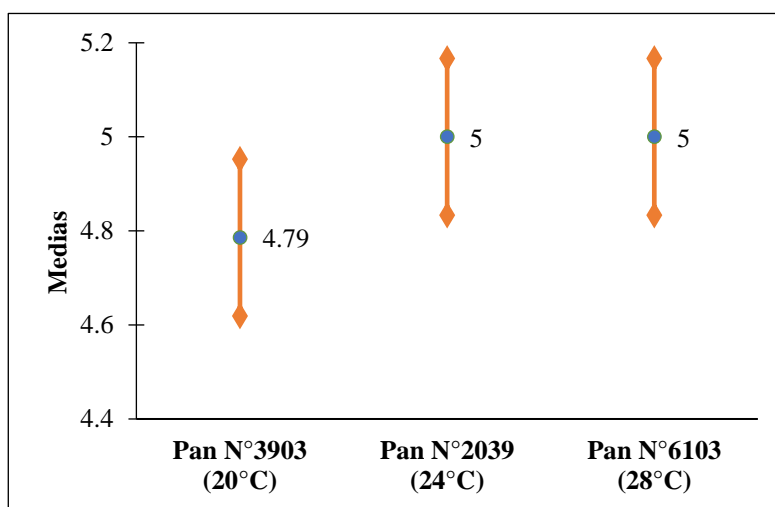


Figura 21. Gráfico de medias de la masticabilidad de la miga

Debido a que el Pan N°2039 (24 °C) y el Pan N°6103 (28 °C) poseyeron los mayores y mismos puntajes de ambos contrastes, según la Tabla 22, ambas fueron las escogidas.

4.3.2.4. Acidez

Como se muestra en la gráfica de medias de la Figura 22, se concluyó que el contraste de los puntajes del Pan N°2039 (24 °C) – Pan N°3903 (20 °C) fue el único que presentó una diferencia significativa de una amplitud de 0.928 puntos (Tabla 39).

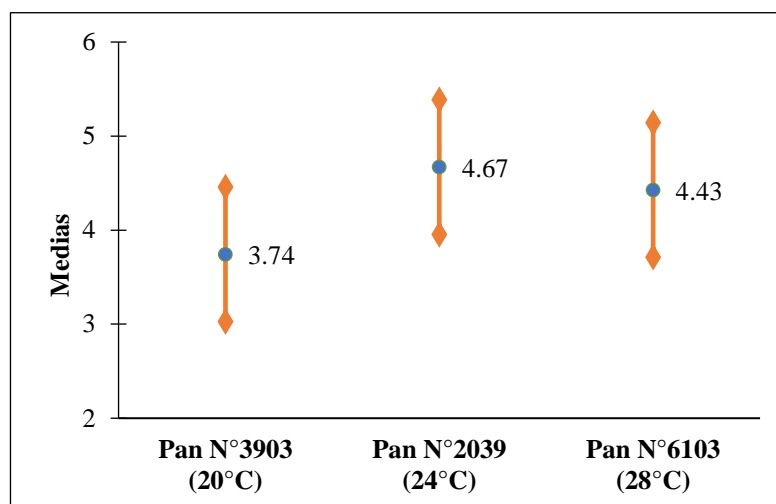


Figura 22. Gráfico de medias de acidez

Debido a que el Pan N°2039 (24°C) poseyó mayor puntaje según la Tabla 23, esta fue la escogida entre todas.

4.4. Evaluación microbiológica

La evaluación microbiológica del fermento incubado a 24 °C, que es el cultivo que tuvo mayor puntaje, fue realizado por el laboratorio acreditado “Sociedad de Asesoramiento Técnico”. En donde se analizó el recuento de *Lactobacillus* mediante el protocolo de APHA (2015) Chapter 53 5ta. Edition. Salad dressing. Items 53.1.114. *Lactobacilli*, los resultados dados fueron:

Tabla 26.

Resultado de prueba microbiológica de BAL

| Microorganismo evaluado | Resultado |
|-------------------------|-------------------------------|
| <i>Lactobacillus</i> | 79 x 10 ⁷ de UFC/g |

Fuente: Elaboración Propia

4.5. Perfil de textura

El perfil de textura del pan elaborado con el fermento incubado a 24 °C, fue realizado por un texturómetro “Instron 3365, celda carga: 5KN” con un accesorio “Compression anvil, 4IN. Square área (S5402A), 57 mm diámetro” del Laboratorio de Investigación e Instrumentación de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

El texturómetro evaluó la dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad de 6 tajadas de 20 mm de espesor, a una velocidad de ensayo de 0.50 mm/s y a una temperatura promedio de 24°C.

En la Tabla 27 se muestra los promedios de los valores de dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad, los cuales conforman el perfil mencionado:

Tabla 27*Resultados promedio de perfil de textura instrumental*

| Dureza (kgf) | Cohesividad (gf) | Elasticidad (gf) | Gomosidad (gf) | Masticabilidad (gf) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 10.41 ± 0.65 | 0.42 ± 0.03 | 0.87 ± 0.01 | 4386.61 ± 403.17 | 3810.05 ± 348.68 |

Fuente: Elaboración Propia

Dureza

Se aprecia en este aspecto, que posee una gran dureza mostrando el valor más alto, al compararlo con las evaluaciones sensoriales, esto se cumple debido a que el pan posee una costra gruesa.

Cohesividad

Se muestra una baja cohesividad, debido a que la miga no opone una resistencia y por ende es fácil de romperse, además de poseer un bajo límite de deformación.

Elasticidad

Al igual que en el aspecto cohesivo la muestra de pan posee baja elasticidad ya que no regresa a su forma original luego de la presión ejercida, durante la masticación realizada por los panelistas en las pruebas sensoriales, se evidenció que el pan se desintegra fácilmente lo que representa una baja elasticidad.

Gomosidad

Según la Tabla 27, presenta un valor de 4386.6 gf lo cual se refiere a la cantidad de energía necesaria para poder desintegrar el pan hasta su deglución, que va acorde con la ficha descriptiva de un pan campesino al tener una miga semi-gomosa.

Masticabilidad

Muestra un valor de 3810.05 gf lo que representa la fuerza estándar para reducirla a una consistencia apta para la deglución que, al relacionarlo con la ficha descriptiva, presenta una fácil masticabilidad, teniendo 28 masticadas como máxima cantidad de veces que debía realizar el panelista para ser considerado como un pan excelente.

CAPITULO V

5. DISCUSIONES

Quellen-Field (2012) expone que tanto *Candida milleri* y *Lactobacillus sanfranciscensis* crecen en un rango de temperatura que va de los 20 hasta los 28 °C. Se pudo comprobar en la experimentación, que efectivamente el cultivo de un fermento crece y presenta actividad a las temperaturas de 20, 24 y a 28 °C. También, se refiere que *Candida milleri* produciría sabores indeseables a 27 °C. Por el contrario, crecería óptimamente generando compuestos aromáticos agradables en el rango de 21 a 24 °C, esto se comprobó siendo 24 °C la temperatura que mayor puntaje tuvo en la evaluación sensorial.

Katina (2005) reportó que el cultivo de un fermento en el rango de 22-24 °C, generaría un fermento óptimo dándole un mejor sabor al pan ya que aporta acidez, aminoácidos y compuestos volátiles. Al realizarse las evaluaciones sensoriales en la presente tesis, se determinó por los resultados que 24 °C es la temperatura óptima para el cultivo del fermento, ya que, de los 5 atributos para un pan campesino, el Pan N°2039 (en el que se empleó el fermento cultivado a 24 °C) fue el que obtuvo el mayor puntaje en los 5 atributos obtenidos mediante el ANOVA y la prueba Tukey.

Rupesh S. & Shraddha R. (2011) mencionan que el pH de 4 es el óptimo, como una forma de medición de actividad de los microorganismos, asimismo se comprobó que los fermentos al llegar a un pH de 4 presentaron una actividad fermentativa evidenciándose un mayor volumen.

Bassouny, El-Sayed, Ibrahim, Nahla, & Swelim (2014) elaboraron una ficha de evaluación sensorial con calificación del 1 al 5, de malo hasta excelente para un pan elaborado con un cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus plantarum*, donde se evaluó la apariencia, olor, sabor y calidad de los panes durante el almacenamiento de 1, 3 y 5 días. En la presente investigación, se elaboró una ficha de evaluación sensorial con la misma escala de calificación, para evaluar la forma, la apariencia de la costra, la masticabilidad, el gusto ácido y la apariencia de la miga del pan campesino.

También Bradant, Fossati, Jacques, Kleijer, & Vincent (2007) elaboraron una ficha de evaluación sensorial para panes comerciales con levadura para calificar el estado exterior, como es el color de la costra; la forma y aspecto; el desgarro de la masa al hornear; y el volumen. Así también, el interior del pan, evaluando el color de la miga; la porosidad; el olor; y el gusto. Durante la evaluación sensorial realizada en la presente tesis, se evaluó atributos interiores y exteriores muy similares a los de Bradant y sus colaboradores.

Matthews y Montville (2009) reportaron que un fermento estable debe contener 10^7 a 10^9 de UFC/g de BAL. El fermento de mayor puntaje, cultivado a 24 °C, evidenció la cantidad de 79×10^7 de UFC/g de BAL encontrándose dentro del rango establecido, lo que es favorable.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

1. La temperatura óptima de cultivo de las BAL fue de 24 °C, parámetro necesario para la obtención de un fermento natural con un recuento de 79×10^7 de UFC/g de BAL. Se hizo un recuento general de BAL al no existir protocolos específicos para la cuantificación de *Lactobacillus sanfranciscensis*.
2. El pH final para controlar la fermentación fue de 4, parámetro importante para obtener un fermento con una máxima producción de CO₂ y por consiguiente un volumen ideal para ser empleado en el pan campesino.
3. Se determinó mediante el ANOVA y la prueba Tukey, que el pan campesino con fermento cultivado a 24 °C (P2039) obtuvo mayores diferencias significativas en los 5 atributos evaluados, a diferencia de los panes campesinos cultivados a 20 °C (P3903) y 28 °C (P6103).
4. Como resultado de la evaluación sensorial, el fermento cultivado a 24 °C fue escogido, debido a que presentó valores superiores en cuanto a la forma ovalada, la apariencia de la costra, la masticabilidad, el gusto ácido y la apariencia de la miga obteniendo puntajes de 3.41; 4.24; 4.67; 4 y 5 respectivamente.
5. El perfil de textura del pan campesino, elaborado con fermento fresco a 24 °C, dio valores de 10.41 kgf de dureza; 0.42 gf de cohesividad; 0.87 gf de elasticidad; 4386.61 gf de gomosidad y 3810.05 gf de masticabilidad, parámetros de referencia para evaluar la calidad comercial de los panes de la misma categoría.

6.2. RECOMENDACIONES

1. Implementar protocolos para la identificación y recuento de *Lactobacillus sanfranciscensis* en los laboratorios certificados del país, debido a que es una de las principales bacterias que intervienen en el proceso de fermentación.
2. Por los beneficios de este fermento, se podría aplicar métodos de conservación como la liofilización, deshidratación por aire caliente, etc. para alargar su vida útil, poder ser distribuido y llegar a diferentes lugares del país.
3. Elaborar cuadros descriptivos sensoriales en atributos como textura, sabor y apariencia de diversos panes artesanales elaborados con fermentos naturales, como una herramienta para evaluar la calidad y aceptación por parte del consumidor.
4. Aplicar el fermento natural en diversos productos de panificación como ciabatta, panes regionales, panetones, bollería, etc., debido a la complejidad de compuestos volátiles que aportan al olor, aroma y sabor, los cuales los hace especiales y tienen un valor muy apreciado por el mercado de consumidores.
5. Fomentar la producción de panes artesanales con fermentos naturales en las diversas panaderías en Lima y a nivel nacional, debido a los beneficios nutricionales por los minerales que se vuelven biodisponibles y al menor uso de aditivos de panificación.

CAPITULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alegre, M. T., & Mesas, J. M. (2002). El Pan Y Su Proceso De Elaboración, The Bread And Its Processing o Pan E O Eu Proceso De Elaboración. *Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, III(5), 307-313. doi:10.1080/11358120209487744.
- Arendt, E., Clarke, C., Dockery, P., O'Sullivan, K., & Schober, T. (2004). Wheat Sourdough Fermentation: Effects of Time and Acidification on Fundamental Rheological Properties. *Cereal Chemistry Journal*, LXXXI(3), 409-417. doi:10.1094/cchem.2004.81.
- Atwell, W. A., & Finnie, S. (2016). *Wheat Flour*. Saint Paul, Minnesota, Estados Unidos: AACC International Inc.
- Aznar, R., Dueñas, M. T., Jimenez, R., Lopez, P., & Ruas-Macedo, P. (2012). *Red Española De Bacterias Lácticas*. Obtenido de <http://redbal.iata.csic.es>.
- Badaeva, E. D., Khotyleva, L. V., Leonova, I. N., Orlovskaya, O. A., Röder, M. S., Salina, E. A., & Shumny, V. K. (2013). Comparative Characteristic of Triticum aestivum/Triticum durum and Triticum aestivum/Triticum dicoccum Hybrid Lines by Genomic Composition and Resistance to Fungal Diseases under Different Environmental Conditions. *Russian Journal of Genetics*, XLIX(11), 1112–1118. doi:10.1134/S1022795413110136
- Balestrieri, F., Corsetti, A., Gobetti, M., Paoletti, F., Rossi, J., & Russi, L. (1998). Sourdough Lactic Acid Bacteria Effects on Bread Firmness and Staling. *Journal of Food Science*, LXIII(2), 347-351. doi:10.1111/j.1365-2621.1998.tb15739.x
- Bassouny, F., El-Sayed, S., Ibrahim, M., Nahla, H., & Swelim, M. (2014). Sensory evaluation and staling of bread produced by mixed starter of Saccharomyces cerevisiae and L. plantarum. *Journal Food and Dairy Science*, V(4), 221-233.
- Benedito, C., Collar, C., & Martinez-Anaya, M. (1994). Microbial Sour Doughs Influence Acidification Properties and Breadmaking Potential of Wheat Dough. *Journal of Food Science*, LIX(3), 629-633.
- Bilheux, R., Chalazon, J., & Michalet, P. (1990). *Taller Y Técnicas Del Pan*. Madrid, España: Otero Ediciones.
- Bourne, M. (2002). *Food Texture and viscosity* (Segunda ed.). Geneva, Nueva York, Estados Unidos de America: ACADEMIC PRESS. Recuperado el 11 de Julio de 2017
- Bradant, C., Fossati, D., Jacques, C., Kleijer, G., & Vincent, V. (2007). Influence de la variété de blé sur le goût du pain. *Revue Suisse d'Agriculture*, XXXIX(3), 101-108.
- Brandt, M. J. (2007). Sourdough products for convenient use in baking. *Food Microbiology*, XXIV(2), 161–164. doi:10.1016/j.fm.2006.07.010

- Canimolt. (s.f.). *Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo*. Recuperado el 7 de Junio de 2017, de <http://www.canimolt.org/trigo/estructura-del-grano>
- Capelle, S., & Decock, P. (2005). Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science & Technology*, XVI, 113–120. doi:10.1016/j.tifs.2004.04.012
- Corsetti, A. (2012). Technology Of Sourdough Fermentation And Sourdough Applications. *Handbook On Sourdough Biotechnology*, 85-103. doi:10.1007/978-1-4614-5425-0_4
- Corsetti, A., & Gobetti, M. (1997). Lactobacillus sanfrancisco a key sourdough lactic acid bacterium: a review. *Food Microbiology*(14), 175-187. doi:10.1006/fmic.1996.0083
- Corsetti, A., Damiani, P., Gobetti, M., Santinelli, F., Simonetti, M., & Rossi, J. (1995). Volatile Compound And Organic Acid Productions By Mixed Wheat Sour Dough Starters: Influence Of Fermentation Parameters And Dynamics During Baking. *Food Microbiology*, 12(6), 497-507. doi:10.1016/S0740-0020(95)80134-0
- Corsetti, A., De Angelis, M., Di Cagno, R., & Gobetti, M. (2005). Biochemistry And Physiology Of Sourdough Lactic Acid Bacteria. *Trends In Food Science & Tecnology*, 16(1-3), 57-69. doi:10.1016/j.tifs.2004.02.013.
- Courcoux, P., Dousset, X., Lhomme, E., & Orain, S. (20 de Noviembre de 2015). The predominance of Lactobacillus sanfranciscensis in French organic sourdoughs and its impact on related bread characteristics. *International Journal of Food Microbiology*, CCXIII, 40-48. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.05.010
- Dallagnol, A. M., Font de Valdez, G., Gerez, C., Rollan, G., & Torino, M. I. (2010). Update In Bread Fermentation By Lactic Acid Bacteria. *Current Research, Techonology And Education Topics In Applied Micobiology And Microbial Biotechnology*, 2, 1168-1174.
- Daniel, H.-M., De Vuyst, L., & Huys, G. (2012). Taxonomy And Biodiversity Of Sourdough Yeast And Lactic Acid Bacteria. *Handbook On Sourdough Biotechnology*, 105-154. doi:10.1007/978-1-4614-5425-0_5
- De la Vega Ruiz, G. (2009). Proteínas De La Harina de Trigo: Clasificación Y Propiedades Funcionales. *Temas De Ciencia Y Tecnología*, 13(38), 27-32.
- De Vuyst, L., & Vancanneyt, M. (2007). Biodiversity And Identification Of Sourdough Lactic Acid Bacteria. *Food Microbiology*, 24(2), 120-127. doi:10.1016/j.fm.2006.07.005
- Font de Valdez, G., Gerez, C., Rollan, G., & Torino, M. (Febrero de 2009). Prevention of bread mould spoilage by using lactic acid bacteria with antifungal properties. *Food Control*, XX, 144-148. doi:10.1016/j.foodcont.2008.03.005

- Gadsby, P., & Weeks, E. (01 de Setiembre de 2003). *Discover Magazine*. Recuperado el Agosto de 2016, de <http://discovermagazine.com/2003/sep/featscienceof>.
- Galle, S. (2012). Sourdough: A Tool to Improve Bread Structure. *Handbook On Sourdough Biotechnology*, 217-228. doi:10.1007/978-1-4614-5425-0_8.
- Gänzle, M., & Gobetti, M. (2012). Physiology And Biochemistry Of Lactic Acid Bacteria. *Handbook On Sourdough Biotechnology*, 183-216. doi:10.1007/978-1-4614-5425-0_7
- Gianotti, A., Guerzoni, M. E., Serrazanetti, D. I., & Vernocchi, P. (2012). Physiology And Biochemistry Of Sourdough Yeasts. *Handbook On Sourdough Biotechnology*, 155-181. doi:10.1007/978-1-4614-5425-0_6
- Giralt, J. A. (2015). *Masas madre, elaboración y utilización*. Barcelona, España: Montagud editores.
- Gonzales De la Torre, J. (2014). *México Patente n° WO2014072758 A1*.
- Gottschalk, G. (1986). *Bacterial Metabolism* (Segunda ed.). New York: Springer.
- Guerrini, S., Venturi, M., & Vincenzini, M. (2012). Stable And Non-Competitive Association Of *Saccharomyces Cerevisiae*, *Candida milleri* And *Lactobacillus sanfranciscensis* During Manufacture Of Two Traditional Sourdough Baked Goods. *Food Microbiology*, 31(1), 107-115. doi:10.1016/j.fm.2012.02.011.
- Hleap, J. I., & Velasco, V. A. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias*, VIII(2), 46-56. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n2/v8n2a07.pdf>
- Ibeas, J. M., & McGee, H. (2011). *La Cocina Y Los Alimentos* (Sexta ed.). Barcelona, España: Debate/Random House Mondadori.
- INDECOPI. (25 de Setiembre de 2014). NTP 205.009:2014 Trigo en grano. Requisitos. 2, 1-11. Lima, Lima, Perú: Indecopi. Recuperado el 5 de Julio de 2017
- INDECOPI. (30 de Abril de 2015). NTP 205.058:2015 Harina integral de trigo. Requisitos. 1.0, 1-14. Lima, Lima, Perú: INDECOPI. Recuperado el 5 de Julio de 2015
- INDECOPI. (30 de Abril de 2015). NTP 205.064:2015 Harina de trigo para consumo humano. Requisitos. 2.0, 1-16. Lima, Lima, Perú: Indecopi. Recuperado el 5 de Julio de 2017
- Integrated Taxonomic Information System on-line database*. (5 de Mayo de 2017). Recuperado el 6 de Junio de 2017, de <http://www.itis.gov>
- Katina, K. (2005). Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread. *VTT Publications*, 1-92.

- Katina, K., & Poutanen, K. (2012). Nutritional Aspects Of Cereal Fermentation With Lactic Acid Bacteria And Yeast. *Handbook On Sourdough Biotechnology*, 229-244. doi:10.1007/978-1-4614-5425-0_9
- Kline, L., & Sugihara, T. F. (1971). Microorganisms Of The San Francisco Sour Dough Bread Process. *Applied Microbiology*, 21(3), 459-465.
- Le Cordon Bleu Perú. (2014). *Manual Teórico De Pastelería Intermedia* (Catorceava ed.). Lima: Le Cordon Bleu Perú.
- Matthews, K. R., & Montville, T. J. (2009). *Microbiología De Los Alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Myhrvold, N., & Migoya, F. (2017). *Modernist Bread* (Vol. III). The Cooking Lab.
- Paterson A., Pigott, J. R., & Salim-ur-Rehman. (2006). Flavour In Sourdough Breads: A Review. *Trends In Food Science & Technology*, 17(10), 557-566. doi:10.1016/j.tifs.2006.03.006.
- Pollan, M. (2013). *Cooked* (Primera ed.). New York: The Penguin Press.
- Quellen-Field, S. (2012). *Culinary Reactions* (Tercera ed.). Chicago: Chicago Review Press.
- Raimondo, E. (2013). Curso de Panificados. *Harina de trigo: Constitución. Parámetros a tener en cuenta para una buena panificación*, 1-18. Argentina. Recuperado el 18 de Agosto de 2017, de www.fundacionrural.org.ar/filefield-private/files/90/field_material_privado/210
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la Lengua Española* (Vigésimo tercera ed.). RAE.
- Robertson, C. (2010). *Tartine Bread*. San Francisco, California, Estados Unidos : Chronicle Books LLC.
- Rousseau, O. (Enero de 2017). Elaboración de pan campesino con fermento natural. (L. Haro, Entrevistador)
- Rupesh S., C., & Shradha R., C. (Mayo de 2011). Sourdough Technology A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, X(3), 169-182. doi:10.1111/j.1541-4337.2011.00148.x
- Viard, J.-M. (1982). *Le Compagnon Boulanger*. Les Lilas (9-11, rue du Tapis Vert, 93260), Francia: J. Villette.

CAPITULO VIII

8. ANEXOS

8.1. TOMA DE MUESTRA DEL pH

Anexo 1. Harina integral empleada



Anexo 2. Fermento cultivado a 20°C



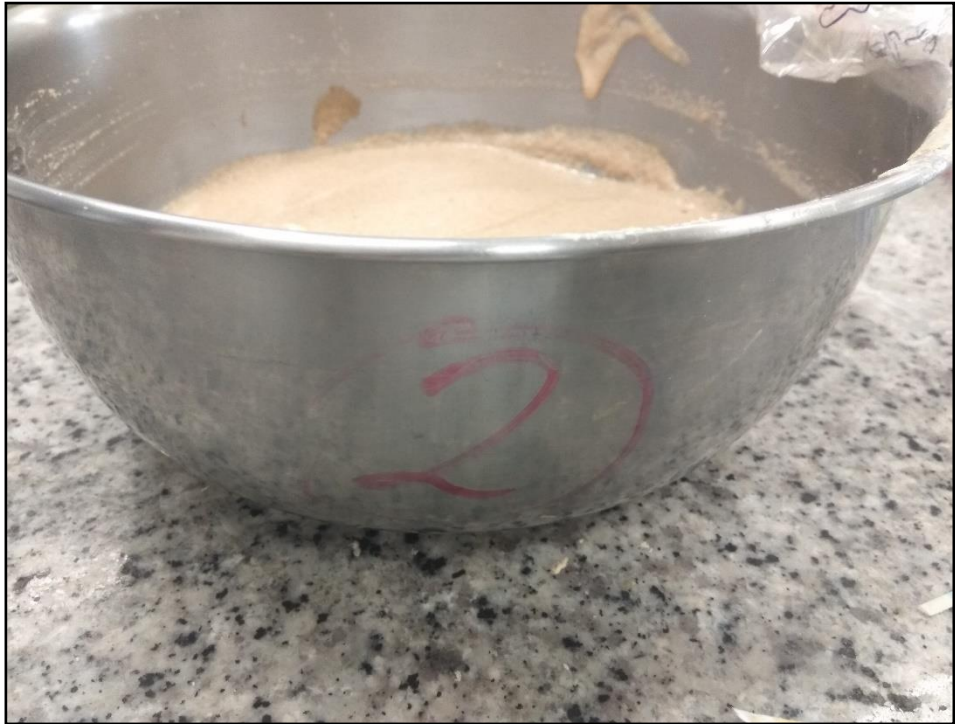
Anexo 3. Medición de pH del fermento cultivado a 20°C (7 horas)



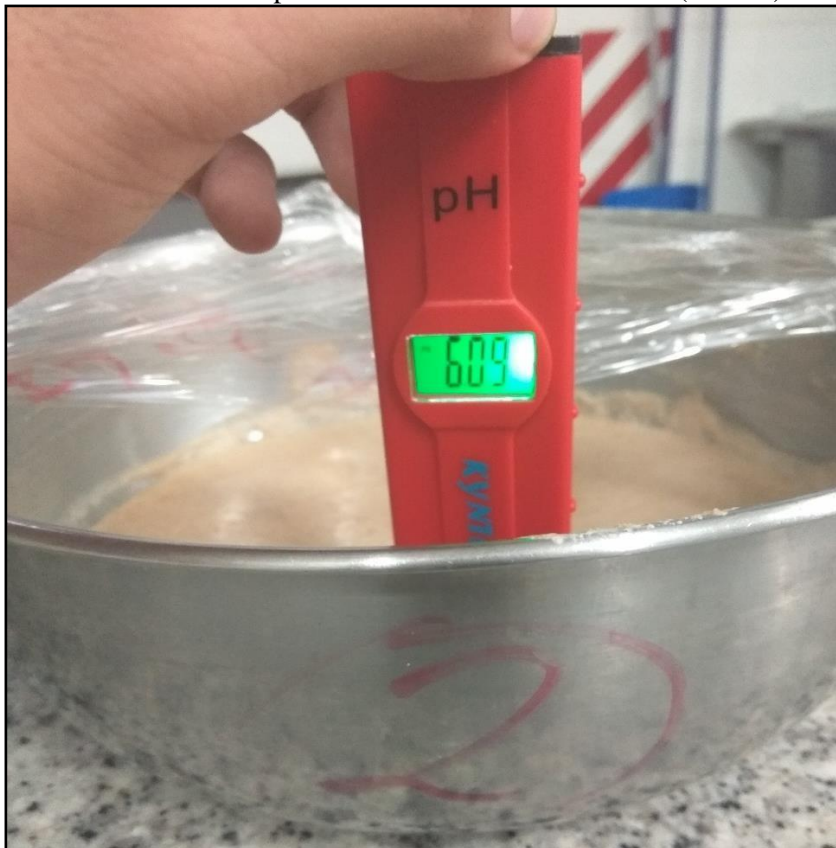
Anexo 4. Fermento cultivado a 20°C (24 horas)



Anexo 5. Fermento cultivado a 24°C



Anexo 6. Medición de pH del fermento cultivado a 24°C (9 horas)



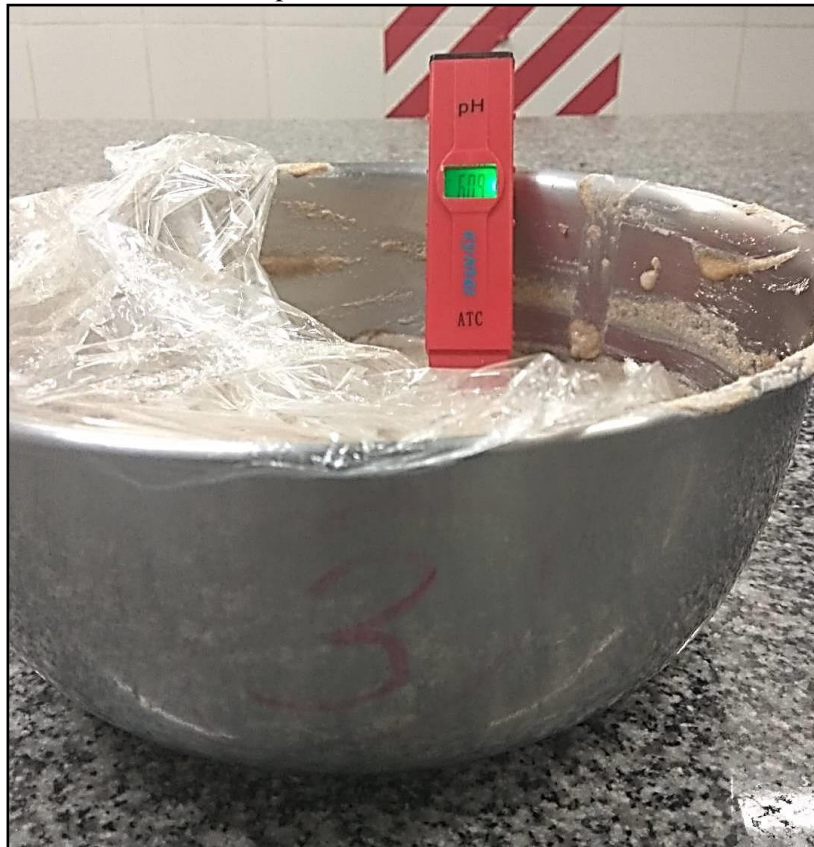
Anexo 7. Fermento cultivado a 24°C (24 horas)



Anexo 8. Fermento cultivado a 28°C



Anexo 9. Medición de pH del fermento cultivado a 28°C (9 horas)



Anexo 10. Fermento cultivado a 28°C (24 horas)



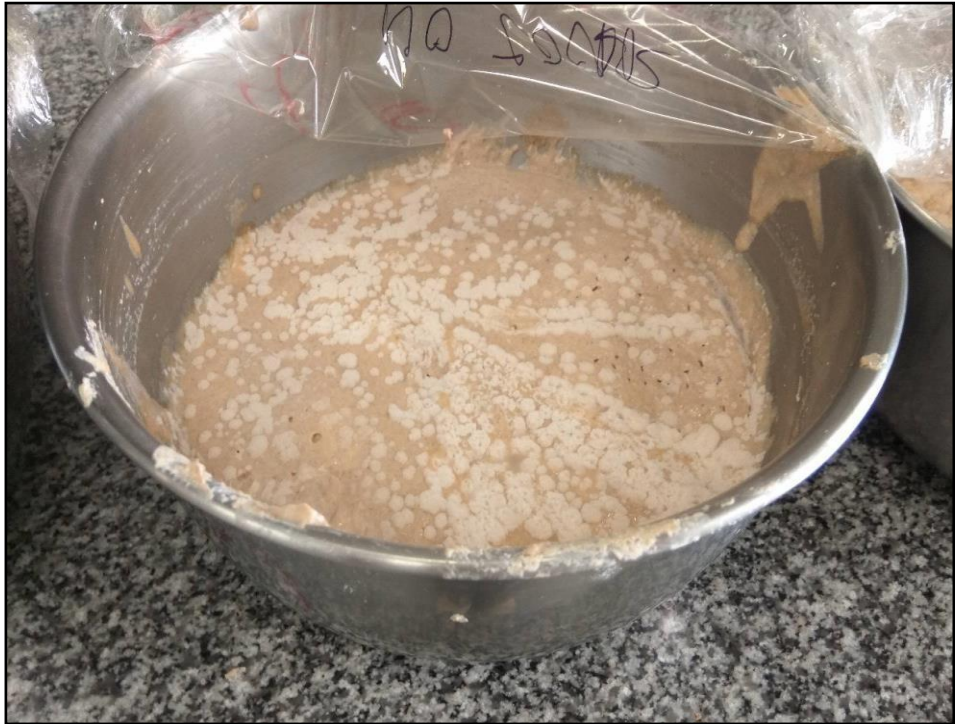
Anexo 11. Fermentos luego de 36 horas de incubación



Anexo 12. Fermento cultivado a 20°C (36 horas)



Anexo 13. Fermento cultivado a 24°C (36 horas)



Anexo 14. Fermento cultivado a 28°C (36 horas)



Anexo 15. Fermento cultivado a 20°C (71 horas)



8.2. PRODUCCIÓN DE PAN CON LOS FERMENTOS

Anexo 16. Pesado de ingredientes



Anexo 17. Mezclado de ingredientes



Anexo 18. Adición de sal durante amasado



Anexo 19. Primera fermentación luego de las vueltas



Anexo 20. Masa momento previo a la división



Anexo 21. Masas divididas en porciones de 500g



Anexo 22. Reposo de masas preformadas



Anexo 23. Panes ya fermentados previo al horneado



Anexo 24. Panes en primeros momentos del horneado



Anexo 25. Momentos finales del horneado



Anexo 26. Resudado de panes



Anexo 27. Corte transversal



Anexo 28. Evaluación sensorial-a



Anexo 29. Evaluación sensorial-b



8.3. FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

Anexo 30. Ficha de evaluación sensorial

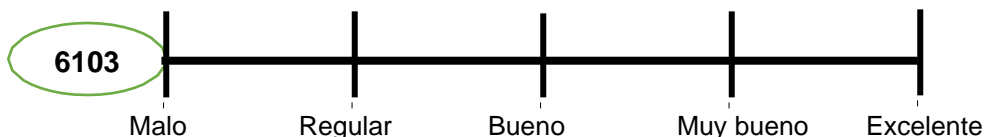
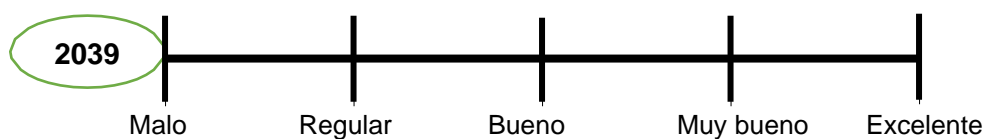
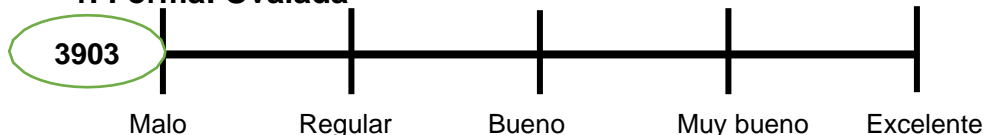
Prueba de Aceptación

Nombre: _____

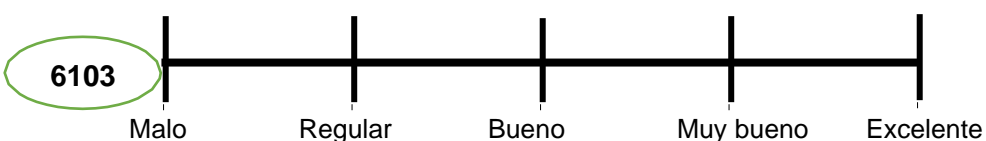
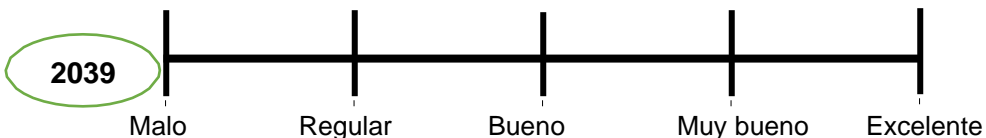
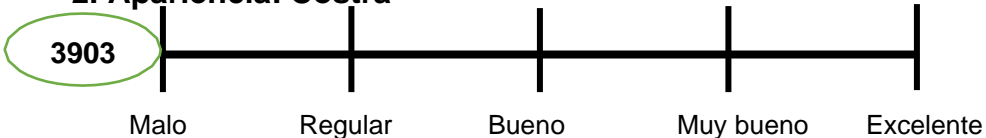
FECHA: _____

Instrucciones: Usted está recibiendo tres panes campesinos codificados, pruebe de izquierda a derecha y marque con un aspa (X) en la sección de la escala que mejor describa su opinión. Recuerde enjuagarse la boca con agua vez que deguste.

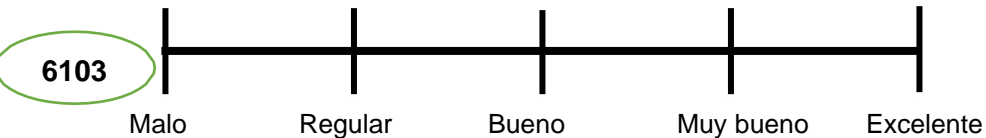
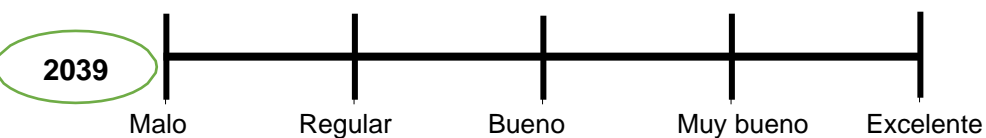
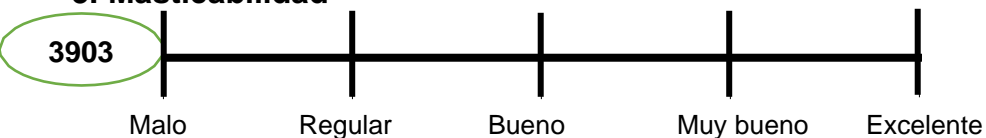
1. Forma: Ovalada



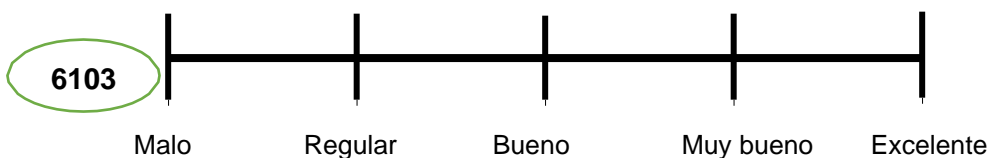
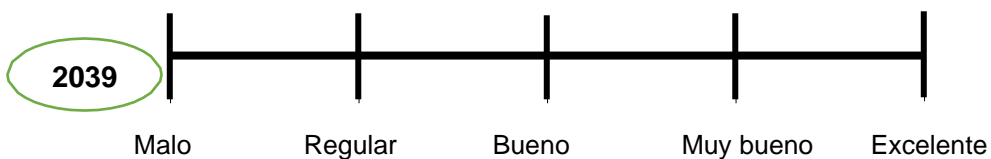
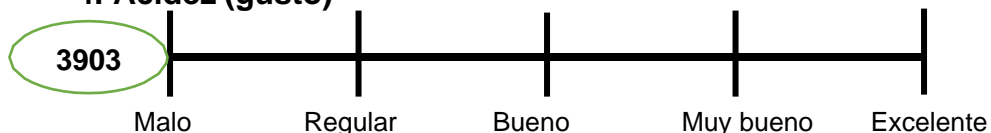
2. Apariencia: Costra



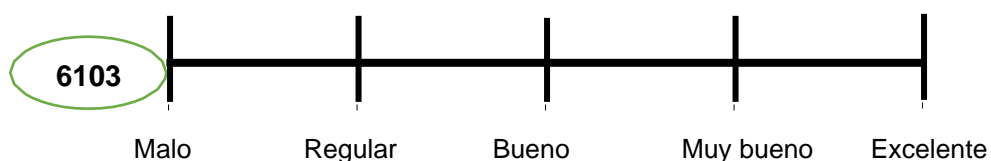
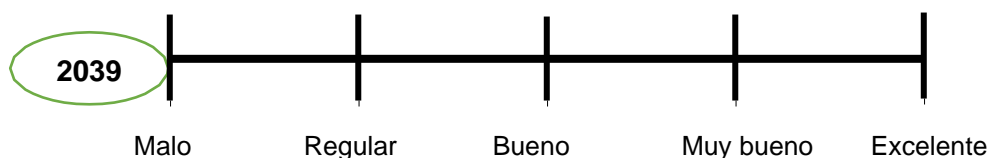
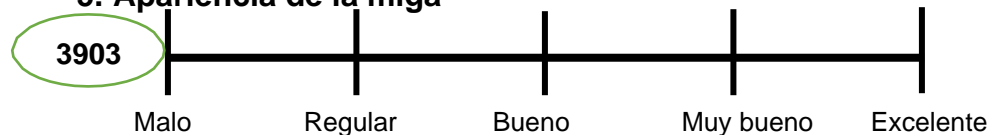
3. Masticabilidad



4. Acidez (gusto)



5. Apariencia de la miga



Comentarios: _____

8.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

8.4.1. Resultados de análisis estadístico de la forma ovalada

8.4.1.1. ANOVA

Para esta prueba se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: Las medias de la forma ovalada de los tres panes son iguales y por lo tanto no existen diferencias significativas.

Ha: Al menos uno de los panes campesinos, tiene una media distinta del resto de panes en el atributo de forma ovalada.

$p > 0.05 \rightarrow$ Se acepta Ho

$p < 0.05 \rightarrow$ Se rechaza Ho

Tabla 28.

ANOVA para puntuaciones de la forma ovalada de los tres panes campesinos

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 2.74381 | 2 | 1.3719 | 4.19 | 0.0321 |
| Intra grupos | 5.89429 | 18 | 0.32746 | | |
| Total (Corr.) | 8.6381 | 20 | | | |

Existe una variabilidad en las muestras con respecto a la forma ovalada, donde el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, por lo tanto, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de puntuaciones entre los Panes, a un nivel del 95.0% de confianza.

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, de acuerdo a las hipótesis planteadas se obtuvo el siguiente criterio de decisión:

$0.0321 < 0.05 \rightarrow$ Se rechaza Ho

Se concluye que: “A un 95% de confianza, al menos uno de los panes campesinos presenta una media distinta del resto de panes en el atributo de la forma ovalada”.

8.4.1.2. Tukey

Se realizó la prueba de Tukey para poder determinar cuál de los tratamientos incubados a distintas temperaturas, era distinto al resto en cuanto a la forma ovalada como se muestra en la Tabla 29 y la Tabla 30.

Tabla 29.

Nivel de similitud entre los tres códigos de panes campesinos en la forma ovalada

| <i>Tratamientos</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| Pan N°3903 | 7 | 2.84286 | X |
| Pan N°2039 | 7 | 3.41429 | XX |
| Pan N°6103 | 7 | 3.71429 | X |

*Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30.

Contraste entre puntajes obtenidos en la forma ovalada en los panes campesinos

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|-------------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| Pan N°2039 - Pan N°3903 | | 0.571429 | 0.781013 |
| Pan N°2039 - Pan N°6103 | | 0.3 | 0.781013 |
| Pan N°3903 - Pan N°6103 | * | -0.871429 | 0.781013 |

* Indica una diferencia significativa.

Fuente: Elaboración Propia

8.4. Resultado de análisis estadístico de la apariencia de la costra

8.4.2.1. ANOVA

Para esta prueba se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: Las medias de la apariencia de la costra de los tres panes son iguales y por lo tanto no existen diferencias significativas.

Ha: Al menos uno de los panes campesinos, tiene una media distinta del resto de panes en el atributo de la apariencia de la costra.

$p > 0.05 \rightarrow$ Se acepta Ho

$p < 0.05 \rightarrow$ Se rechaza Ho

Tabla 31.

ANOVA para puntuaciones de la apariencia de la costra de los tres panes campesinos

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 4.90381 | 2 | 2.4519 | 11.84 | 0.0005 |
| Intra grupos | 3.72857 | 18 | 0.207143 | | |
| Total (Corr.) | 8.63238 | 20 | | | |

Existe una variabilidad en las muestras con respecto a la apariencia de la costra, donde el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, por lo tanto, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de puntuaciones entre los Panes, a un nivel del 95.0% de confianza.

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, de acuerdo a las hipótesis planteadas se obtuvo el siguiente criterio de decisión:

$$0.0005 < 0.05 \rightarrow \text{Se rechaza } H_0$$

Se concluye que: “A un 95% de confianza, al menos uno de los panes campesinos presenta una media distinta del resto de panes en el atributo de la apariencia de la costra”.

8.4.2.2. Tukey

Se realizó la prueba de Tukey para la apariencia de la costra que se muestra en la Tabla 32 y la Tabla 33.

Tabla 32.

Nivel de similitud entre los tres códigos de panes campesinos en la apariencia de la costra

| <i>Tratamientos</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| Pan N°3903 | 7 | 3.14286 | X |
| Pan N°6103 | 7 | 4.07143 | X |
| Pan N°2039 | 7 | 4.24286 | X |

*Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33.

Contraste entre puntajes obtenidos en la apariencia de costra en los panes campesinos

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|-------------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| Pan N°2039 - Pan N°3903 | * | 1.1 | 0.621175 |
| Pan N°2039 - Pan N°6103 | | 0.171429 | 0.621175 |
| Pan N°3903 - Pan N°6103 | * | -0.928571 | 0.621175 |

* Indica una diferencia significativa.

Fuente: Elaboración Propia

8.4.3. Resultado de análisis estadístico de la masticabilidad de la miga

8.4.3.1. ANOVA

Para esta prueba se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: Las medias de la masticabilidad de la miga de los tres panes son iguales y por lo tanto no existen diferencias significativas.

H_a: Al menos uno de los panes campesinos, tiene una media distinta del resto de panes en el atributo de la masticabilidad de la miga.

$$p > 0.05 \rightarrow \text{Se acepta } H_0$$

$$p < 0.05 \rightarrow \text{Se rechaza } H_0$$

Tabla 34.

ANOVA para puntuaciones de la masticabilidad de la miga de los tres panes campesinos

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 0.214286 | 2 | 0.107143 | 7.18 | 0.0051 |
| Intra grupos | 0.268571 | 18 | 0.0149206 | | |
| Total (Corr.) | 0.482857 | 20 | | | |

Existe variabilidad en las muestras con respecto a la masticabilidad de la miga, donde el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, por lo tanto, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de puntuaciones entre los Panes, a un nivel del 95.0% de confianza.

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, de acuerdo a las hipótesis planteadas se obtuvo el siguiente criterio de decisión:

$$0.0051 < 0.05 \rightarrow \text{Se rechaza } H_0$$

Se concluye que: “A un 95% de confianza, al menos uno de los panes campesinos presenta una media distinta del resto de panes en el atributo de la masticabilidad de la miga”.

8.4.3.2. Tukey

Se realizó la prueba de Tukey para la masticabilidad de la miga que se muestra en la Tabla 35 y la Tabla 36.

Tabla 35.

Nivel de similitud entre los tres códigos de panes campesinos en la masticabilidad de la miga

| <i>Tratamientos</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| Pan N°3903 | 7 | 4.78571 | X |
| Pan N°6103 | 7 | 5.0 | X |
| Pan N°2039 | 7 | 5.0 | X |

*Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36.

Contraste entre puntajes obtenidos en la masticabilidad de la miga en los panes campesinos

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|-------------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| Pan N°2039 - Pan N°3903 | * | 0.214286 | 0.166714 |
| Pan N°2039 - Pan N°6103 | | 0.0 | 0.166714 |
| Pan N°3903 - Pan N°6103 | * | -0.214286 | 0.166714 |

* Indica una diferencia significativa.

Fuente: Elaboración Propia

844. Resultado de análisis estadístico del gusto: Acidez

8.4.4.1. ANOVA

Para esta prueba se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: Las medias del gusto ácido de los tres panes son iguales y por lo tanto no existen diferencias significativas.

Ha: Al menos uno de los panes campesinos, tiene una media distinta del resto de panes en el gusto ácido.

$p > 0.05$ → Se acepta Ho

$p < 0.05$ → Se rechaza Ho

Tabla 37.

ANOVA para puntuaciones del gusto ácido de los tres panes campesinos

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 3.24667 | 2 | 1.62333 | 5.91 | 0.0107 |
| Intra grupos | 4.94571 | 18 | 0.274762 | | |
| Total (Corr.) | 8.19238 | 20 | | | |

Existe una variabilidad en las muestras con respecto al gusto ácido, donde el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, por lo tanto, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de puntuaciones entre los Panes a un nivel del 95.0% de confianza.

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, de acuerdo a las hipótesis planteadas se obtuvo el siguiente criterio de decisión:

$0.0107 < 0.05$ → Se rechaza Ho

Se concluye que: “A un 95% de confianza, al menos uno de los panes campesinos presenta una media distinta del resto de panes en el atributo del gusto ácido”.

8.4.4.2. Tukey

Se realizó la prueba de Tukey para el gusto: acidez que se muestra en la Tabla 38 y Tabla 39.

Tabla 38.

Nivel de similitud entre los tres códigos de panes campesinos en el gusto ácido

| <i>Tratamientos</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| Pan N°3903 | 7 | 3.74286 | X |
| Pan N°6103 | 7 | 4.42857 | XX |
| Pan N°2039 | 7 | 4.67143 | X |

*Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39.

Contraste entre puntajes obtenidos en gusto ácido en los panes campesinos

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|-------------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| Pan N°2039 - Pan N°3903 | * | 0.928571 | 0.715414 |
| Pan N°2039 - Pan N°6103 | | 0.242857 | 0.715414 |
| Pan N°3903 - Pan N°6103 | | -0.685714 | 0.715414 |

* Indica una diferencia significativa

Fuente: Elaboración Propia

8.4.5. Resultado de análisis estadístico de la apariencia de la miga: Alveolos

8.4.5.1. ANOVA

Para esta prueba se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: Las medias de la apariencia de los alveolos de la miga de los tres panes son iguales y por lo tanto no existen diferencias significativas.

Ha: Al menos uno de los panes campesinos, tiene una media distinta del resto de panes en el atributo de la apariencia de los alveolos de la miga.

$p > 0.05 \rightarrow$ Se acepta Ho

$p < 0.05 \rightarrow$ Se rechaza Ho

Tabla 40.

ANOVA para puntuaciones de la apariencia de los alveolos de la miga de los tres panes campesinos

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 1.38667 | 2 | 0.693333 | 2.45 | 0.1149 |
| Intra grupos | 5.10286 | 18 | 0.283492 | | |
| Total (Corr.) | 6.48952 | 20 | | | |

No se evidencia variabilidad en las muestras con respecto a los alveolos de miga, donde el valor-P de la prueba-F es mayor que 0.05, por lo tanto, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de puntuaciones entre los Panes, a un nivel del 95.0% de confianza.

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, de acuerdo a las hipótesis planteadas se obtuvo el siguiente criterio de decisión:

$0.1149 > 0.05 \rightarrow$ Se acepta H_0

Se concluye que: “A un 95% de confianza, las medias de la apariencia de la miga de los tres panes son iguales y por lo tanto no hay diferencias significativas en la apariencia de los alveolos de la miga”

Es por ello que, debido a que las medias son similares no se realizó la prueba de Tukey.

8.5. RECUESTO DE BAL

Anexo 31. Informe de recuento de BAL



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / Página web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-01232-01-2017

PRODUCTO : Fermento de pan,
SOLICITADO POR : Luis Alberto Haro Fernández
DIRECCIÓN : Calle Wenzara N° 1060 - San Martín de Porres - Lima - Lima
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-03-22
FECHA DE ANÁLISIS : 2017-03-22
FECHA DE INFORME : 2017-04-05
SOLICITUD N° : SDT-02635-2017

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Ninguna
ESTADO / CONDICIÓN : Producto pastoso / Refrigerado
PRESENTACIÓN : Frasco de vidrio cerrado con tapa metálica, sin litografiar
CANTIDAD DE MUESTRA : 300 Gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

| Servicio | Vía / Resultado |
|--------------------------------------|--------------------|
| (*) Lactobacillus Numeración (ufc/g) | 79x10 ⁷ |

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

[*] Lactobacillus Numeración : APHA [2015] Chapter 53, 5ta. Edition, Salud dressings, Item 53.1.114, Lactobacilli

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

Quim. Elotilde Huapaya Ferreros
QUIM. ELOTILDE HUAPAYA FERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P. N° 296



8.6. PERFIL DE TEXTURA INSTRUMENTAL

Anexo 32. Informe de perfil de textura



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Teléfono 3495647 3495669 /Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN

INFORME DE ENSAYO

N° 0013 -2017 - LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Pan Campesino
Presentación: 1 Bolsa conteniendo 1unidad de muestra

Datos del ensayo

Equipo: Máquina Universal de textura Instron 3365, celda de carga: 5KN
Accesorio: Compression anvil, 4IN. Square area (S5402A),57mm diámetro.

Tipo de ensayo: Perfil de textura (TPA)

Condiciones de ensayo: Velocidad de ensayo: 0.50 mm/s.

Temperatura promedio: 24°C

Preparación de muestra: Tajadas de 20 mm de espesor

Fecha de ejecución: 15 de marzo del 2017

Resultados

| Dureza [kgf] | Cohesividad | Elasticidad | Gomosidad [gf] | Masticabilidad [gf] |
|--------------|-------------|-------------|------------------|---------------------|
| 10,41 ± 0,65 | 0,42 ± 0,03 | 0,87 ± 0,01 | 4386,61 ± 403,17 | 3810,05 ± 348,68 |

*Los valores reportados son el promedio de varias repeticiones ± desviación estándar

*La variabilidad de los ensayos está supeditada a la variabilidad de las unidades proporcionadas por el cliente.

Emitido, el 20 de marzo del 2017


Dra. Ritva Repo de Carrasco
Jefe del Laboratorio de Investigación

