



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias

**Evaluación de la capacidad antioxidante total de las harinas de trigo
comercializadas en el Perú**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias

Autor

De La Cruz Silva Ricardo Erick

Asesor

Dr. Sarela Carmela Alfaro Cruz

Huacho – Perú

2023

Evaluación de la Capacidad Antioxidante Total de las Harinas de Trigo Comercializadas en el Perú

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.repositorioacademico.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1%
8	digi.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1%
9	www.grafiati.com Fuente de Internet	

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor para mis padres Ricardo De La Cruz Aquino y Bernardina Silva Respicio, por el gran sacrificio que hicieron por mí y el gran apoyo que hasta el día de hoy me siguen brindando. Dedicado también a mis hijos Samira y Gerardh, que son mi mayor motivación en la vida los amo con todo mi corazón.

Ricardo Erick De La Cruz Silva

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la universidad por brindarme la oportunidad de haber adquirido sabios conocimientos sobre mi carrera profesional y brindarme todo el apoyo necesario durante la estadía de la carrera. A mis docentes por sus amplios y sabios conocimientos, a mis compañeros por brindarme la confianza y el apoyo necesario para poder lograr el objetivo.

Ricardo Erick De La Cruz Silva

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	2
1.3. Objetivos de la Investigación.....	2
1.3.1. Objetivos General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificación de la Investigación.....	2
1.5. Delimitación del estudio	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	8
2.2. Bases Teóricas	9
2.3. Definiciones de términos básicos	32
2.4. Hipótesis de investigación	32
2.4.1. Hipótesis General	32
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	33
2.5. Operacionalización de Variables	33
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	34
3.1. Diseño Metodológico.....	34
3.2. Población y Muestra	36

3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.4.	Técnicas para el procesamiento de la información.....	40
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....		41
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		48
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		51
6.1.	Conclusiones.....	51
6.2.	Recomendaciones	52
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS		53
ANEXOS		59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del trigo por color.....	11
Tabla 2. Composición química de las partes del grano de trigo (% materia seca).....	13
Tabla 3. Composición química del grano entero de trigo	14
Tabla 4. Composición química de la harina de trigo fortificada.....	21
Tabla 5. Composición de las harinas como producto terminado	22
Tabla 6. Principio y ventajas / desventajas de los ensayos de medición de la capacidad antioxidante y representación esquemática de sus mecanismos	29
Tabla 7. Operacionalización de las variables e indicadores del estudio	33
Tabla 8. Capacidad Antioxidante en harinas de trigo por el método DPPH Extractable..	41
Tabla 9. Capacidad antioxidante de harina trigo por el método directo DPPH-QUENCHER	42
Tabla 10. Capacidad antioxidante de harina trigo por el método directo ABTS ⁺ -Extractable	43
Tabla 11. Capacidad antioxidante de harina trigo por el método directo ABTS ⁺ QUENCHER	44
Tabla 12. Comparación de los métodos DPPH-Extractable y DPPH-QUENCHER	45
Tabla 13. Comparación de los métodos ABTS ⁺ -Extractable y ABTS ⁺ -QUENCHER	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Estructura del grano de trigo. Tomado de Chambi (2015).	12
Figura 2.	Estimación de la Producción Mundial de Trigo 2020/2021	15
Figura 3.	Estimación de la Producción Latinoamericana de Trigo 2020/2021.....	15
Figura 4.	Producción de Trigo en el Perú periodo Enero - Diciembre 2009 - 2019.....	16
Figura 5.	Mapa de Intenciones de Siembra 2019-2020 del cultivo de trigo anivel distrital (MINAGRI, 2019).	17
Figura 6.	Participación de las empresas molineras del Perú (Ale, 2019).....	24
Figura 7.	Ubicación geográfica de Molinos productores de harina de trigo en el Perú,...	25
Figura 8.	Formas en que los antioxidantes unidos pueden encontrarse en un alimento...	26
Figura 9.	Esquema del proceso experimental de la investigación.....	35
Figura 10.	Comparación de la capacidad antioxidante de las harinas de trigo mediante ensayos DPPH.	45
Figura 11.	Comparación de la capacidad antioxidante de las harinas de trigo mediante los ensayos ABTS ⁺	47

RESUMEN

En el presente estudio el **objetivo** fue evaluar y comparar la capacidad antioxidante de harinas de trigo comercializadas en el Perú. Los **materiales y métodos** en forma resumida se emplearon 13 muestras de harinas de trigo, la capacidad antioxidante fue evaluado mediante dos métodos DPPH y ABTS+, además en cada método se evaluó dos procedimientos, una con la extracción tradicional de dos fases (Metanol/agua 1/1 v/v pH=2.2 y luego Acetona/Agua 70/30 v/v) y el otro de forma directa sin extracción denominada como Quencher. En los **Resultados** para el método DPPH extractable se obtuvo un rango de 10.96 a 29.07 uMol DPPH/100g de harina, con el método directo el rango fue de 45.75 a 155.18 uMol DPPH/100 g de harina, en el caso de la medición con el reactivo ABTS+ para la forma extractable la capacidad antioxidante el rango obtenido fue de 71.12 a 138.89 uMol ET/100 g de harina y en el modo directo el rango fue de 636.46 a 853.49 uMol ET/100 g de harina, además se encontró que hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras comparadas en el mismo método, y que la medición directa tipo quencher supera a la metodología extractable en 4.17 a 7.36 veces para el caso DPPH y de 5.75 a 9.95 veces más en el ensayo ABTS+, dando entender que hay compuestos no extraíbles de la matriz sólida de la harina de trigo y sin forma de medir el efecto de la fortificación que tienen este producto. **Conclusión;** todas las harinas de trigo mostraron cierta capacidad para el secuestro de radicales libres, pero hay diferencia estadística significativa entre muestras en cada método, siendo adecuado medir la capacidad antioxidante total mediante la metodología directa quencher.

Palabras claves: Quencher, Harina Panera, Actividad Antioxidante, Inhibición DPPH

ABSTRACT

In the present study **the objective** was to evaluate and compare the antioxidant capacity of wheat flours commercialized in Peru. The **materials and methods** in summary form were used 13 samples of wheat flour, the antioxidant capacity was evaluated by two methods DPPH and ABTS +, in addition in each method two procedures were evaluated, one with the traditional extraction of two phases (Methanol/water 1/1 v/v pH = 2.2 and then Acetone /Water 70/30 v/v) and the other directly without extraction called Quencher. In the **Results** for the extractable DPPH method, a range of 10.96 to 29.07 uMol DPPH / 100 g of flour was obtained, with the direct method the range was from 45.75 to 155.18 uMol DPPH / 100 g of flour, in the case of measurement with the ABTS + reagent for the extractable form the antioxidant capacity the range obtained was from 71.12 to 138.89 uMol ET/100 g of flour and in the direct mode the range was from 636.46 to 853.49 uMol ET/100 g of flour, it was also found that there are significant difference ($p < 0.05$) between the samples compared in the same method, and that the direct quencher-type measurement exceeds the extractable methodology by 4.17 to 7.36 times for the DPPH case and from 5.75 to 9.95 times more in the ABTS + test, giving understand that there are non-extractable compounds in the solid matrix of wheat flour and there is no way to measure the effect of fortification that this product has. **Conclusion;** All wheat flours showed some capacity for free radical sequestration, but there is a statistically significant difference between samples in each method, being adequate to measure the total antioxidant capacity using the direct quencher methodology.

Keyword: Quencher, Bread Flour, Antioxidant Activity, DPPH Inhibition

INTRODUCCIÓN

La harina de trigo es un insumo importante en la industria alimentaria, y por su gran demanda se puede considerar como un producto de primera necesidad y de consumo masivo de la población en general, por así se emplean en la fabricación de fideos, galletas, pastas, pastelería, pan, etc., siendo la mayor parte dedicada a la panadería. Debido a que la producción nacional Peruana en trigo es deficiente en cantidad y calidad, la mayor parte de las harinas de trigo son importadas, dando como resultados diferentes procedencia y ofertándose comercialmente diversas marcas, y dado que es un insumo de la cual depende la calidad del producto final se ha puesto mucho énfasis en evaluar su calidad principalmente relacionadas con la de panera es decir las características de la harina relacionadas con el comportamiento de la masas durante la fermentación, así también la composición proximal y el contenido de minerales, con respecto a este ultimo las normas indican que todo harina de trigo comercializada en el Perú debe ser fortificada con micronutrientes, reglamentación que se sustenta en la lucha para evitar enfermedades como la anemia. Una de las preocupaciones de los consumidores es saber las características nutricionales y funcionales de los alimentos que consume, cada vez más hay preocupación por la adquirir alimentos que estén relacionados con la mejora de la salud y que no contengan ingredientes que afecten ese objetivo, en el caso de las harinas de trigo no es ajena en saber sus características funcionales, pero muy poco se sabe de ello, por lo que se es necesario evaluar una de las propiedades básicas como es la capacidad antioxidante en las harinas comercializadas en el Perú y compararlas para identificar cuál de ellas tiene mayor valor funcional.

Bajo el contexto de evaluar y comparar la capacidad antioxidante de 13 muestras de harinas comerciales, se propuso emplear dos métodos basados en los reactivos DPPH y ABTS+, además para obtener un valor más real o total se empleó el método directo conocido como Quencher que a diferencia del método tradicional extractable se realiza de modo que se genere una reacción directa entre la muestra sólida y los reactivos mencionados.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La harina de trigo es un producto de primera necesidad y de consumo masivo de la población en general, ya que se pueden elaborar variedad de subproductos alimenticios que día a día los consumimos, siendo su consumo per cápita 44 kg (persona / año). En el Perú, anualmente se produce aproximadamente 1.2 millones de toneladas de harina de trigo, esta producción es destinada principalmente a la industria panificadora (69%), seguido por la industria de fideos (16%), la industria de galletas (9 %) y otros (6%) según la Asociación Latinoamericana de Industriales Molineros. (ALIM, 2018)

Actualmente existen estudios que demuestran que los antioxidantes dietéticos están relacionados con la prevención de enfermedades como la cardiopatía coronaria, cánceres y diversos procesos degenerativos. Los antioxidantes más abundantes en los granos enteros de trigo son los ácidos fenólicos y se encuentran en mayor concentración en el salvado y germen de trigo, los que son eliminados durante el proceso de molienda para obtener la harina refinada. En el Perú se dispuso la fortificación de todas las harinas de trigo con micronutrientes (Hierro, Tiamina, Riboflavina, Niacina, Ácido Fólico) para compensar la pérdida de nutrientes, mediante Ley N° 28314. (Legua & Ramírez, 2018) Estos macronutrientes contribuyen a las propiedades antioxidantes de la harina, a pesar de ello difieren de las fuentes naturales. La harina de trigo comercial, como la materia prima directa en la industria panificadora, requiere mayor investigación de sus propiedades antioxidantes. En nuestro país, actualmente no cuenta con un estudio de la capacidad antioxidante en harinas de trigo empleadas en la industria panadera.

Dado el alto consumo de harina de trigo es preciso conocer las propiedades funcionales que posee, por ello se busca evaluar y comparar la capacidad antioxidante de las harinas de trigo más comercializadas en el Perú, para identificar cual tiene mayor potencial antioxidante.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General.

¿Presentarán capacidad antioxidante las harinas de trigo comercializadas en el Perú y si estas serán iguales o diferentes?

1.2.2. Problemas Específicos.

¿Cuál será la capacidad antioxidante de las harinas de trigo comercializadas en el Perú?

¿Serán iguales las capacidades antioxidantes de las harinas de trigo comercializadas en el Perú?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivos General.

Determinar y comparar las capacidades antioxidantes de las harinas de trigo comercializadas en el Perú.

1.3.2. Objetivos Específicos.

Determinar la capacidad antioxidante de las harinas de trigo comercializadas en el Perú

Comparar la capacidad antioxidante de las harinas de trigo comercializadas en el Perú.

1.4. Justificación de la Investigación

En el Perú se consumen gran cantidad de alimentos elaborados a base de harina de trigo, existen diversas marcas de harina que se comercializan en nuestro país, y así mismo no se han realizados estudios para cuantificar su poder antioxidante. Por lo que importante brindar información de las características funcionales de la harina. Con respecto a esta última característica se conoce muy poco, por lo que se es necesario evaluar la capacidad antioxidante en las harinas comercializadas en el Perú y compararlas para identificar cual tiene mayor valor funcional.

1.5. Delimitación del estudio

Esta investigación se limita a la determinación de la capacidad antioxidante total de 13 marcas de harinas de trigo, como Anita, Don Bitute, Doña Vera, Las Mercedes, La Panera, Inca, El molino, Don Lucciano, Don Lucho, La Italiana, Blanca Flor, Gran Panadero y Del Cielo, utilizadas directamente en la industria de la panificación y comercializadas en el Perú.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Vargas (2016), en su tesis “Valoración del producto tradicional “siete harinas” como fuente de antioxidantes y compuestos fenólicos”, realizada en la universidad técnica particular de Loja, Ecuador. En la que evaluó la capacidad antioxidante y compuesto fenólicos del producto tradicional “siete harinas”, las muestras empleadas provenían de dos productores de la ciudad de Loja. Obtuvieron extractos con acetona al 70%. Los métodos empleados fueron polifenoles totales (Folin-Ciocalteu), capacidad antioxidante (ABTS, FRAP y DPPH). Sus resultados fueron: 446 ± 7.47 y 382 ± 6.56 mg EAG/100 g (Polifenoles), 37 ± 1.16 y 30 ± 2.15 $\mu\text{M ET/g}$ (ABTS), 24 ± 1.12 y 23 ± 1.39 $15 \mu\text{M ET/g}$ (FRAP), 97 ± 2.20 y 101 ± 1.94 $\mu\text{M ET/g}$. Encontró diferencia significativa en los dos proveedores. Concluyo que existe un contenido importante antioxidantes y bioactivos en el producto siete harinas.

Yu et al. (2013), realizaron la investigación titulada “Comparación de las propiedades antioxidantes de la harina y el pan de trigo integral y refinado”, Universidad de Manitoba, Canadá. En la que estudiaron las propiedades antioxidantes de la harina de trigo integral y refinad y su pan resultante para documentar los efectos de la cocción. Se evaluó polifenoles totales, la capacidad antioxidante por el método DPPH y el método ORAC. Se usó HPLC para detectar la presencia de ácidos fenólicos antes de su confirmación utilizando LC-MS / MS. La harina de trigo integral mostró una actividad antioxidante significativamente mayor que la harina refinada ($p < 0,05$). Hubo un efecto significativo del proceso de elaboración del pan con el TPC de pan integral (1.50–1.65 mg / g) y pan blanco (0.79–1.03 mg / g) mostrando una reducción respectiva de 28% y 33% de los niveles. Se encuentra en harina integral y refinada. De manera similar, la cocción disminuyó la capacidad de eliminación de radicales del DPPH en un 32% y un 30%. Sin embargo, los valores de ORAC indicaron que la cocción incrementó las actividades antioxidantes del trigo integral y la harina refinada en 1.8 y 2.9 veces, respectivamente. El análisis de HPLC mostró un aumento de 18% a 35% en

ácido ferúlico después de hornear para obtener pan de trigo entero y refinado que contenía 330.1 y 25.3 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. La harina y el pan de trigo integral fueron superiores a la harina y el pan refinados en sus propiedades antioxidantes in vitro.

Lv et al. (2012), estudiaron “Composiciones fitoquímicas, propiedades antioxidantes y actividades antiproliferativas de la harina de trigo”, University of Maryland, E.E.U.U. siendo su objetivo evaluar por primera vez 10 variedades y líneas de trigo rojo suave de invierno por sus composiciones fitoquímicas y propiedades de eliminación de radicales libres. Para ello se comparó 10 variedades de trigo blando de Maryland (composición fitoquímica, propiedad antioxidante y actividad antiproliferativa). En las 10 muestras se detectó importante capacidad de eliminación de radicales libres frente a radicales DPPH, oxígeno, hidroxilo y ABTS. Se encontró polifenoles totales dentro del rango 1,66 y 2,01 mg de harina de trigo GAE / g. la presencia de ácido ferúlico total en las harinas fue de 172.91 – 297.55 $\mu\text{g/g}$ de ácido ferúlico unido insoluble, en cuanto a la luteína y zeaxantina: 0.27 – 0.46 y 0.08 – 0.13 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. La harina de trigo de Jamestown mostró una actividad antiproliferativa significativa contra las células de cáncer de colon HT-29 y Caco-2 en la concentración de 50 mg equiv. de harina / ml, mientras que la harina de USG3555 mostró un efecto inhibitor solo en las células de cáncer HT-29, lo que sugiere diferentes y posible propiedad antiproliferativa selectiva de las harinas de trigo. Los resultados pueden empujarse para producir variedades de trigo de invierno suave con propiedades de salud mejoradas.

Inglett et al. (2011), publicaron su investigación titulada “Actividad antioxidante de las harinas de trigo sarraceno comerciales y sus composiciones fenólicas libres y unidas”, University Street, E.E.U.U. Teniendo como objetivo investigar la efectividad de la extracción de polifenoles libres y unidos, la actividad antioxidante y los flavonoides de las harinas de trigo sarraceno comerciales, para ello se investigaron las harinas de trigo sarraceno comerciales por sus actividades antioxidantes, composiciones fenólicas libres y unidas utilizando espectrofotómetro, LC – ESI – IT - MS y LC – ESI-Q-TOF-MS. La harina de Farinetta contenía los contenidos fenólicos libres y

aglomerados más altos, seguida de Supreme, trigo sarraceno entero y harina de lujo, respectivamente. La extracción de etanol al 50% logró un contenido fenólico libre significativamente mayor en comparación con el agua y el alcohol absoluto. La extracción absoluta de etanol contenía considerables compuestos fenólicos y flavonoides más unidos. Una alta temperatura de extracción incrementó los contenidos fenólicos. El método espectral fue reproducible para analizar los contenidos totales de flavonoides. Los estudios LC – ESI-Q-TOFMS sobre harina de trigo sarraceno integral mostraron que se encontraron ácidos p-cumárico y gálico en los fenólicos unidos junto con isoquercitrina, pero no estaban presentes en los compuestos fenólicos libres. Los flavonol-glucósidos libres se encontraron en la harina de trigo sarraceno entero, pero no en ninguna otra harina de trigo sarraceno.

Sedej et al. (2010), desarrollaron la investigación titulada: “Actividad antioxidante de las harinas de trigo y trigo sarraceno”, University of Novi Sad, Serbia. Su objetivo fue investigar la capacidad antioxidante de las harinas de trigo sarraceno comercialmente accesibles en comparación con la harina de trigo tipo 500 y la harina de trigo integral, midiendo la actividad antioxidante por el método DPPH, reduciendo el poder, el efecto quelante sobre Fe²⁺ y el contenido de fenólicos totales. Además, se estimó el contenido de polifenoles totales de los extractos etanólicos. El contenido de polifenoles en las harinas de trigo varió entre 37,1 y 137,2 mg de extracto de GAE / g, mientras que su contenido en harina de trigo sarraceno fue al menos cuatro veces mayor y osciló entre 476,3 y 618,9 mg de extracto de GAE / g. Los extractos etanólicos de las harinas de trigo sarraceno mostraron una mayor actividad antioxidante en todos los ensayos, excepto la actividad quelante. Concluyeron que los productos de panadería producidos con harina de trigo sarraceno podrían considerarse como posibles alimentos funcionales.

Hung et al. (2009), investigaron “Compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de las harinas clasificadas de trigo por método de pulido”, Toyo College of Food Technology, Kawanishi, Japan. En este estudio, todo el trigo céreo se molió en cinco fracciones utilizando el método de molienda gradual y se investigaron los polifenoles y la capacidad antioxidante de estas harinas. Los

polifenoles y flavonoides totales de extractos fenólicos libres y unidos aumentaron gradualmente en el orden de las fracciones internas a las externas. Las harinas molidas de las partes externas del grano contenían una cantidad significativamente mayor de fenólicos y exhibían una capacidad antioxidante significativamente mayor que la de todo el grano. Del mismo modo, las fracciones internas de la harina molidas en su mayoría de parte del endospermo tenían una cantidad significativamente mayor de fenólicos y exhibían una capacidad antioxidante significativamente mayor que la harina blanca, que se molía mediante un método de molienda convencional. Por lo tanto, las harinas clasificadas de trigo ceroso entero deben ser alentadas para que se utilicen en el procesamiento de alimentos integrales para mejorar tanto las cualidades de los productos de uso final como los beneficios para la salud.

Yu et al. (2004), realizaron el estudio “Comparación de harinas de trigo cultivadas en diferentes lugares por sus propiedades antioxidantes”, Colorado State University, E.E.U.U. En el presente estudio, se examinaron las fracciones de harina de las tres variedades de trigo de invierno duro (Akron, Trego y Platte) cultivadas en cinco lugares diferentes de Colorado y se compararon por sus propiedades de eliminación de radicales, capacidades de quelación y contenido fenólico total. Por ello los extractos de harina de tres variedades de trigo de invierno ("Trego", "Akron" y "Platte") cultivadas en cinco lugares de prueba se evaluaron para determinar su capacidad antioxidante por el método DPPH y el catión (ABTS+), y para las capacidades quelantes de Fe^{2+} y los contenidos fenólicos totales. Todas las muestras de harina mostraron DPPH significativo. Las actividades de captación y las capacidades de quelación, y contenían niveles significativos de compuestos fenólicos, pero ninguna harina contenía una cantidad detectable de secuestradores ABTS+. Tanto la variedad como la ubicación de crecimiento pueden tener una influencia significativa en las propiedades de captación de radicales y quelantes del DPPH., así como en el contenido fenólico de las muestras de harina. Las pruebas de correlación de Pearson no detectaron ninguna correlación significativa entre una propiedad antioxidante única de cada variedad de trigo y un factor ambiental seleccionado, incluida la radiación solar total, la radiación solar promedio diaria o las horas que superan los 32° C. Los resultados de este estudio indican

el potencial para producir una harina de trigo rica en antioxidantes naturales para mejorar la nutrición humana al optimizar las condiciones de crecimiento de una variedad seleccionada.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Legua & Ramírez (2018), en su Informe del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición-Cenan Lima, Perú. Su objetivo es presentar los resultados del Control analítico de la fortificación de la harina micronutrientes, micronutrientes de fortificación: Hierro (55 mg /kg), Tiamina (5 mg/kg), Riboflavina de trigo en los molinos del Perú, Año 2017. Mediante Decreto Supremo N° 012-2006-SA3 (25-06-2006) se aprueba el Reglamento de la Ley N° 28314. El Reglamento señala su aplicación a la harina de trigo de producción nacional, importada o donada, que se destina al consumo humano en el territorio nacional, la cual debe ser fortificada con los siguientes (4 mg/kg), Niacina (48 mg/kg) y Ácido Fólico (1.2 mg/kg). También señala que Centro Nacional de Alimentación y Nutrición es responsable de realizar inspecciones, muestreos y análisis periódicos a la harina de trigo a fin de asegurar el cumplimiento del Reglamento de la Ley N° 28314.

Artica (2014), en su investigación, Caracterización de harina extruida de linaza (*Linum usitatissimum* L.) y la evaluación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, realizada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Estudio la composición química, polifenoles totales, capacidad antioxidante y propiedades funcionales de harina de linaza, antes y después de la extrusión; la linaza se recolecto en Sincos provincia de Jauja, Junín. Se aplicó métodos AOAC para analizar las muestras de harinas sin desgrasar y sin extruir (HLE), harina de linaza desgrasada (HLD), harina de linaza sin desgrasar y extruida (HLEEx) y harina de linaza desgrasada y extruida (HLDEEx): humedad (3.44 % - 7.82 %), proteínas (19,52% - 28,33%), grasa (15,23% - 44,27%), fibra cruda (12,61% - 32,58%), cenizas (3,84% - 5,51%) y carbohidratos totales (9,39% - 17,01%). Los polifenoles totales en harinas están en un rango de (963,93 a 1258,32 mg EAG/100 g). La capacidad antioxidante va de 262,47 a 343,25 μ M Trolox/100 g. En las muestras HLE y HLEEx, los índices de solubilidad varían de 3,87 a 5,44%; absorción 2,760 a 4,363g/g; densidad

aparente (0,185 a 0,297g/mL) y expansión (2,367 a 3,460). En conclusión, existe diferencia significativa entre las muestras estudiadas antes y después de la extrusión.

Vásquez & Matos (2009), desarrollaron el estudio: Evaluación de Algunas Características Fisicoquímicas de Harina de Trigo Peruano en Función a su Calidad Panadera, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar las características fisicoquímicas de 5 variedades de harina de trigo (Andino, Centenario, Gavilán, INIA Canan, Anita T4) procedentes diversos departamentos del Perú (Cajamarca, Lima Piura, Huancavelica y La Libertad) para conocer cuál de ellas presenta los parámetros necesarios de una harina panadera. Las cinco muestras se molieron de manera experimental para extraer sus harinas y se analizó: humedad, cenizas, gluten, alveograma y consistograma. Los resultados arrojaron que las características de las muestras varían, la variedad Gavilán del departamento de Piura es la que cumple con las características óptimas de una harina de calidad panadera.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Trigo.

El trigo es uno de los granos más valorado en el mundo, crece en todas las regiones, menos en las regiones árticas. Es cultivado desde tiempos prehistóricos. Es ampliamente utilizado desde los granos enteros hasta su molienda fina. Además, es un ingrediente importante en la panificación. (Anticona, 2017; Cutipa, 2014)

Taxonomía.

El género *Triticum* incluye una amplia gama de especies, pero sólo dos especies se cultivan en grandes cantidades: *Triticum aestivum* y *Triticum durum*. Más del 90% del trigo que se cultiva en todo el mundo es *T. aestivum*. Se utiliza para elaborar pan, pasteles, bollería, bizcochos, espesantes y fideos. *T. durum* (trigo duro) se utiliza principalmente para la producción de pasta. (Uthayakumaran & Wrigley, 2017).

Becerra & Tuñoque (2018), refiere que la clasificación taxonómica del trigo es:

Reino: Vegetal

Clase: Liliopsida

Subclase: Liliidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Triticum

Especie: aestivum

Nombre científico: Triticum aestivum

Nombres comunes: Trigo harinero

Clasificación.

En la actualidad, el trigo se puede clasificar empleando tres conjuntos de términos. El primer término (es decir, "duro" o "blando") se refiere a la dureza del grano. El trigo duro requiere más energía para moler que el trigo blando, porque cada grano individual requiere más fuerza para triturarlo. El segundo término (es decir, "rojo" o "blanco") se refiere a la presencia o ausencia de un pigmento rojizo en las capas externas del grano de trigo. El tercer término (es decir, "invierno" o "primavera") generalmente describe el "hábito" de crecimiento del trigo. Son posibles todas las combinaciones de temporada de crecimiento, color y dureza. (Finnie & Atwell, 2016)

De acuerdo al color del grano.

La clasificación del trigo según el color de sus granos se muestra en la tabla 1, se divide en rojo, blanco, ámbar y amarillo.

Tabla 1

Clasificación del trigo por color

Clase	Características
Trigorojo	Porcentaje de proteínas más alto. Excelente para la elaboración de pan. Características molineras y de horneados superiores.
Trigo blanco	Genéticamente modificado a partir de trigo rojo. Moderado porcentaje de proteína. Empleado en la fabricación de panes blancos y pastas.
Trigo ámbar	Son trigos duros. Moderado porcentaje de proteína. Generalmente empleado para elaborar pastas.
Trigo amarillo	Grano muy duro. Gluten fuerte y tenaz, Utilizado para elaborar de pastas: espagueti, macarrones, sopas secas.

Nota. Tomado de Becerra & Tuñoque (2018).

De acuerdo a la dureza del grano.

Las características de dureza y suavidad en la industria de la molienda están relacionadas con la manera en que se fragmenta el endospermo. En el trigo duro, también lo llaman *Triticum durum*, las fracturas se producen en la dirección de los límites de las células, el endospermo del trigo blando también llamado *Triticum aestivum* puede fragmentarse accidentalmente al azar. Por otro lado, los trigos duros comparado con otras variedades, proporciona un mayor porcentaje de fibra, menos almidón y bajo porcentaje de grasa, se obtiene una harina gruesa, arenosa, fluida y fácil de cernir, sus partículas presentan forma regular, muchas de las cuales son células de endospermo intactas. El Trigo blando presenta un contenido proteico moderadamente bajo. Producen una harina muy fina, sus partículas son irregulares y algunas aplastadas, lo dificulta el tamizado. (Anticono, 2017).

De acuerdo a la época de siembra.

En otoño se siembra el trigo de invierno, brota en primavera y se cosecha en verano. Requiere un período de temperaturas bajo cero antes que pueda formar espigas que finalmente contienen los granos de trigo. El trigo de primavera no requiere clima frío para formar espigas, se siembra en primavera y se cosecha a fines del verano u otoño. Son posibles todas las combinaciones

de temporada de crecimiento, color y dureza (Finnie & Atwell, 2016).

Variedades de trigo en el Perú.

Según MINAGRI (2015), las variedades de trigo cultivadas en el Perú son:

Triticum aestivum L: Nazareno, Centenario, San Isidro, Moray, San Francisco, Ayacuchano, Santa Elena, El Molinero.

Triticum thúrgidum ssp. *Durum*): Crown, Braveador, Platinum, Huamanguino.

Estructura y composición del grano de trigo.

El grano de trigo es cariósides seco de forma ovalada y elíptica con sus extremos redondeados. Consta de tres partes: salvado, endospermo y germen. El salvado consta de muchas capas ricas en proteínas, minerales y vitaminas. El salvado está dividido en pericarpio (4-5 %), testa (1%) y aleurona (6-9%), siendo el pericarpio y la testa las capas externas y rodean el grano entero. La capa de aleurona se encuentra entre el salvado y el endospermo (Wieser, Koehler, & Scherf, 2020)

El endospermo (82 a 85%), su textura puede ser vítrea o harinosa. De esta parte del trigo se obtiene la harina blanca. Por un extremo del grano sobresale un mechón de pelos finos y por el otro el germen (3%), es una de las fuentes más ricas en vitaminas del grupo B y E y minerales (Anticona, 2017). En la figura 1, se presenta la composición de grano de trigo.

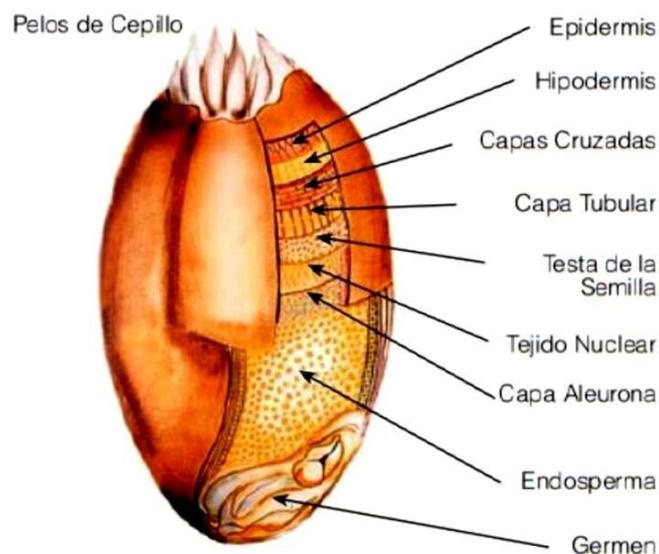


Figura 1. Estructura del grano de trigo. Tomado de Chambi (2015).

La composición química de cada parte del grano de trigo, expresada en % materia seca, se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Composición química de las partes del grano de trigo (% materia seca)

Parte del grano (%)	Proteínas	Minerales	Lípidos	Celulosa	Hemicelulosa	Almidón
Pericarpio (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Testa (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	30-35	0
Aleurona (6-9%)	30-35	6-15	7-8	6	6	10
Germen (3%)	35-40	5-6	15	1	1	20
Endospermo (82-85%)	8-13	0.35-0.60	1	0.3	0.3	70 - 85
Grano entero (100%)	10 - 14	1.6 - 2.1	1.5 -2.5	2.3	2.3	60 – 70

Nota. Becerra and Tuñoque (2018).

El trigo contiene carbohidratos, compuestos nitrogenados, ácidos grasos y minerales. Siendo la lisina el aminoácido limitante. El trigo presenta un poco más de contenido proteico en comparación del arroz y el maíz. También contiene gluten, que representa el 80 – 85 % de las proteínas del trigo, formado por la glutenina y gliadina. Y es la proteína de mayor importancia en la industria panificadora. (Huayhuas, 2017; Loayza, 2014; Zavala, 2019). La composición química del grano entero de trigo, Según las tablas peruanas de composición de alimentos se presenta en la tabla 3.

La humedad del trigo varia, depende del clima y ambiente del cultivo. Es un importante índice comercial debido a que influye en el peso específico del grano y en la conservación de las características tecnológicas de la harina. (Chambi, 2015).

Tabla 3

Composición química del grano entero de trigo

Componente	Contenido
Energía (kcal)	303
Agua (g)	11.6
Carbohidratos totales (g)	74.7
Carbohidratos disponibles (g)	62.5
Fibra cruda(g)	3
Fibra dietaria (g)	12.2
Proteínas (g)	10.3
Lípidos (g)	1.9
Ceniza (g)	1.5
Calcio(mg)	36
Fosforo(mg)	314
Hierro (mg)	3.87
Zinc (mg)	2.98
Tiamina(mg)	0.42
Riboflavina (mg)	0.17
Betacaroteno (mg)	169.00
Niacina (mg)	3.89
Vitamina C(mg)	4.8

Nota. Tomado de (Reyes, Gómez-Sanchez, Espinoza, Bravo, & Ganoza, 2009).

Producción.

El trigo es el grano alimenticio que domina el comercio mundial, representa aproximadamente el 23.8% de la producción mundial. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos estima que la producción de Trigo a nivel mundial durante 2020/2021 sería de 768.49 millones de toneladas, lo que significaría un incremento de 0.55 % en la producción respecto al año 2019 (Produccionagricolamundial.com, 2020). En la figura 2, se muestra los 10 países con la mayor estimación de la producción de trigo a nivel mundial.



Figura 2. Estimación de la Producción Mundial de Trigo 2020/2021 (Produccionagricolamundial.com, 2020).

El principal productor trigo a nivel mundial es la Unión Europea con 18.6%, seguido por China con 17.6%, India con 13.4 %, Rusia con 10 %, Estados Unidos con 6.6 % y Canadá con 4.4 %. En la figura 3, se presenta la estimación de la producción de trigo en Latinoamérica.

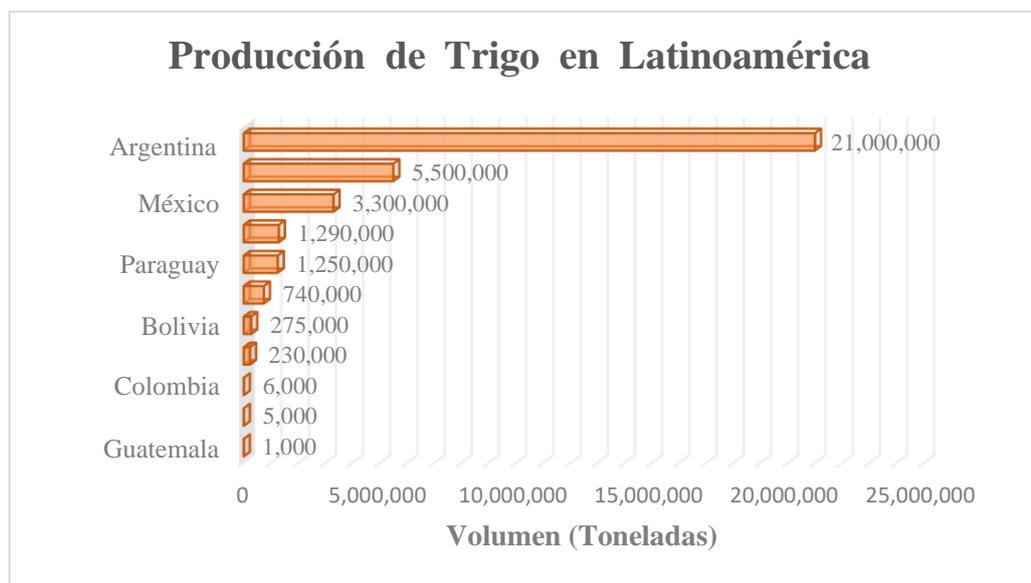


Figura 3. Estimación de la Producción Latinoamericana de Trigo 2020/2021. Adaptado de (Produccionagricolamundial.com, 2020).

En la figura 3, se muestra que el país con mayor producción de trigo es Argentina con 21 millones de toneladas, en segundo lugar, esta Brasil con 5.5 millones de toneladas, México con 3.3 millones de toneladas y los países con menor producción son Colombia, Ecuador y Guatemala (6 mil, 5 mil y mil toneladas respectivamente).

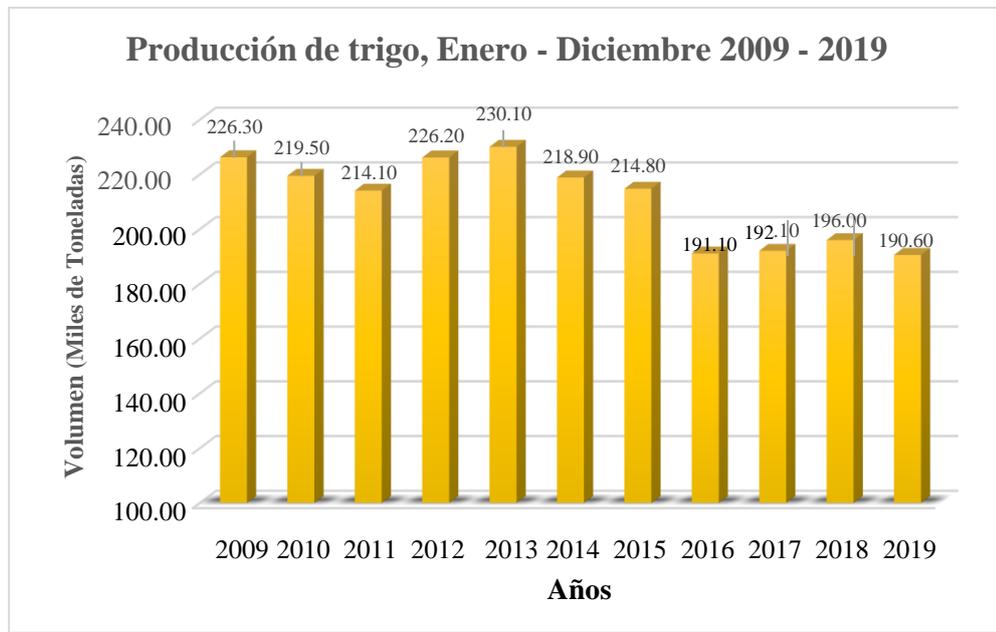


Figura 4. Producción de Trigo en el Perú periodo Enero - Diciembre 2009 - 2019. Adaptado de Santamaría et al. (2020).

En la Figura 4, se presenta el volumen producción de trigo en el Perú, en los años 2009 al 2019, con volumen más bajo dio en el 2019 con 190.6 mil toneladas y en el 2013 alcanzó el volumen más alto con 230.1 mil toneladas de trigo.

Huayhuas (2017), menciona que el trigo *Triticum aestivum* se siembran en la costa (4%) y en la sierra (96%), en los departamentos de Cajamarca, La Libertad, Ancash Cusco, Piura, Huánuco, Ayacucho y Junín).

En la Figura 5, se observa que departamentos presentaron mayor volumen de producción de trigo en el Perú: Cajamarca (21.97%), La Libertad (25.47%), Piura (7.8%), Ancash (7.72%), Ayacucho (7.51%), Cuzco (6.95%), Huánuco (6.93%), Apurímac (4.69%) (MINAGRI, 2019).

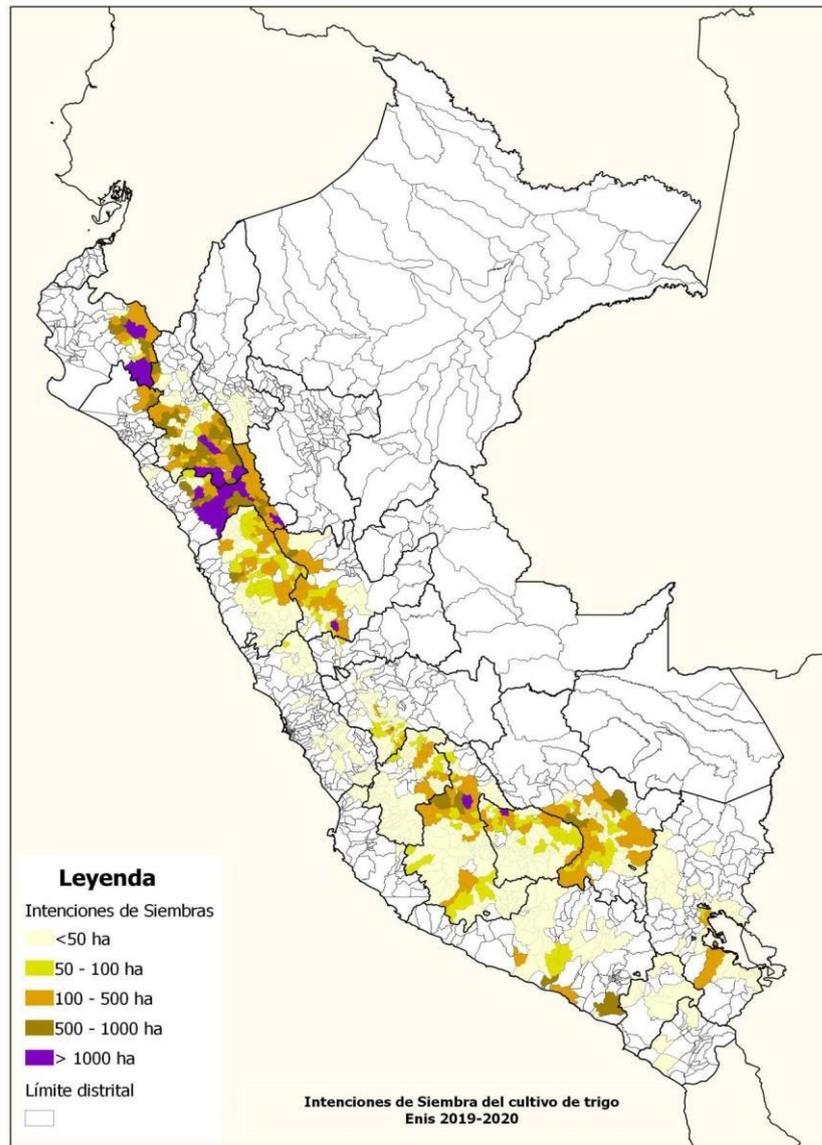


Figura 5. Mapa de Intenciones de Siembra 2019-2020 del cultivo de trigo a nivel distrital (MINAGRI, 2019).

2.2.2. Harina de trigo

Definición.

Codex-Alimentarius (2007), define a la harina de trigo como:

“El producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura” (p. 31).

La harina de trigo es el ingrediente fundamental en la tecnología panadera. Es un polvo fino impalpable, resultado de la molienda del grano, con o sin la separación de la cáscara, cualquiera que sea su granulometría o nombre comercial (Huayhuas, 2017). Y está constituido por dos grupos de compuestos principales para la panificación: Los azúcares y almidones del grano; las proteínas de la harina (gluten). (Cutipa, 2014).

La denominación “harina” es única del producto de la molienda del grano de trigo. Las harinas sucedáneas, son obtenidas de la molienda de otros granos, tubérculos o raíces. A estas harinas se les nombra como “harina” seguida del nombre del vegetal que provienen. (Anticono, 2017).

Obtención de harina.

El proceso de obtención de harina de trigo, se logra mediante las operaciones de: recepción, limpieza y selección, acondicionamiento, molienda, tamizado, incorporación de aditivos, empaquetado y almacenado.

Recepción.

En esta etapa ingresa la materia prima con 11-12% de humedad, se verifica la calidad y la variedad del trigo. También se pesa el trigo para calcular rendimientos (76% harinas y 24 % derivados de trigo). (Ale, 2019; Becerra & Tuñoque, 2018).

Limpieza.

Durante la limpieza se separa el grano de materiales extraños e impureza (pajillas, semillas de otros granos, metales, piedras, insectos, etc.). Para ello se el trigo pasa por máquinas para limpiar el trigo, estas pueden clasificarse por separación por tamaño, forma, densidad y magnetismo. Los diferentes molinos varían mucho con respecto al orden de las operaciones de un proceso de limpieza. (Finnie & Atwell, 2016).

Acondicionamiento.

Consiste en la adición de agua, con la finalidad de endurecen el salvado, volviéndolo más flexible, facilitando la separación del endospermo y del

germen y favoreciendo la molienda. En este proceso el trigo tiene que tener 15.5 % de humedad (trigos blandos) y 16.5% de humedad (trigos duros), a una temperatura menor a 45°C, para evitar la desnaturalización del gluten, este proceso tarda 48 horas. (Becerra & Tuñoque, 2018).

Molienda.

Esta etapa tiene como objetivo separar la epidermis del grano de la almendra harinosa. Transformando el endospermo en harina y la separación del salvado y el germen. En esta operación se obtiene fracciones de diferentes tamaños y composición, las cuales se separan. Para esta operación se intercalan equipos para la molturación, tamices y equipos para la clasificación y purificación de las distintas fracciones. La granulometría de los productos de la molturación es: harinas (<130 mm), Granillo (1000-130 mm) y el salvado (partículas más gruesas). (Anticona, 2017).

Tamizado.

Becerra & Tuñoque (2018), refiere la harina obtenida en la molienda, pasa por los Planchister o cernidores, el cual permite la clasificación de la harina por granulometría. El Planchister tiene muchas bandejas superpuestas cubiertas con mallas para diferente tamaño de partícula, las cuales son sometidas a movimientos vibratorios.

Incorporación de aditivos.

En esta etapa, se añaden los aditivos: de acuerdo a la peruana Ley N° 283141, la harina debe ser fortificada con Hierro, Tiamina, Riboflavina, Niacina y Ácido Fólico (Legua & Ramírez, 2018). Adicionalmente algunos molinos añaden vitamina C y un mix enzimático con la finalidad de obtener un producto con una mayor calidad panadera y mejorar su calidad nutricional (Becerra & Tuñoque, 2018).

Empacado y almacenamiento.

La harina se empacada en bolsas de papel, protegiendo al producto de la humedad durante el proceso de maduración. El almacenamiento de la harina se

realiza a una temperatura ambiental de 20 a 27°C y una humedad relativa inferior a 75%, protegiéndolos de insectos y roedores. (Ale, 2019). En esta etapa se lleva a cabo la maduración de la harina durante unas 2 a 3 semanas, esto mejorará sus propiedades de trabajo en especial si serán destinadas a la panificación (tolerancia de amasado elevado, piezas con mayor volumen) (Quispe, 2012).

Tipos de harina.

Finnie & Atwell (2016), clasifica las harinas en dos: harina integral y blanca. La harina integral es el 100% del grano molido, la harina se muele mediante uno de dos procesos: a través de un molino integrado donde el trigo se muele todo junto o mediante la reconstitución de las diversas corrientes de harina que se forman en la molienda típica de harina blanca. Por otro lado, la harina blanca representa el 72% del grano de trigo, es una harina de calidad pura. Las harinas patentes tienen menor cantidad de salvado con una tasa de extracción inferior a 72%, y se divide en harina clara o harina de baja calidad (tasa de extracción entre 65 y 72% de extracción), suele ser oscura porque estas fracciones son bastante ricas en salvado y la harina de corte (tasa de extracción entre 45 y el 65%). Esta última se divide en harina patente larga (tasa de extracción 65%) y harina patente corta (tasa de extracción de 45%).

Por otro lado, Huayhuas (2017), menciona que en Argentina se clasifican las harinas por su dureza: Harina Integral (trigo completo), Harinas ½ 0, 0, y 00 (obtenidas del endospermo cercano al salvado, es usada para galletas o balanceados), Harina 000 (Separando sólo el salvado y el germen, es de excelente calidad para uso panadero), Harina 0000 (Es de color blanco, obtenida de la parte central del endospermo y es excelente para uso pastelero). En México se clasifica en, harina de Grado I, utilizada para panificación y harina Grado II, empleada para galletas.

En el Perú, la harina de trigos se clasifica en: harina extra y especial.

Harina de trigo extra.

La NTP 205.064: 2015, menciona que esta harina es de color blanco ligeramente crema y debe tener 0.76% a 1.17% de ceniza, 15 % de humedad

y 0.15% de acidez. Su tasa de extracción esta entre 80 a 83 % y es utilizada para pastas, panetones, panes y galletas. (Coaguila, 2018; Huayhuas, 2017)

Harina de trigo especial.

Esta harina posee una tasa de extracción de 72 a 78% y tienen color blanco cremoso. En la NTP 205.064: 2015 Refiere que debe presentar 0.75% de cenizas como máximo, 15 % de humedad y 0.10% de acidez. Se utiliza en la pastelería y panificación de alta calidad. (Huayhuas, 2017; Reque, 2007).

Composición química.

En la tabla 4, se observan los principales nutrientes de la harina de trigo encada 100 gramos. Los principales componentes son los carbohidratos, proteínas, agua y fibra. En cuanto a los micronutrientes tenemos el fosforo, calcio, ácido ascórbico, niacina, el hierro, etc.

Tabla 4

Composición química de la harina de trigo fortificada

COMPONENTES	CANTIDAD
Energía(kcal)	354
Agua(g)	10,8
Proteína(g)	10,5
Grasa(g)	2,0
Carbohidratos(g)	76,3
Fibra(g)	1,5
Ceniza(g)	0,4
Calcio(mg)	36
Fósforo(mg)	108
Zinc (mg)	0.7
Hierro (mg)	5.5
Tiamina (mg)	0,5
Riboflavina (mg)	0,4
Niacina(mg)	4.8
Ácido ascórbico reducido (mg)	1,8

Nota. Tomado de (Reyes et al., 2009)

Por otro lado, Coaguila (2018), menciona que las harinas especiales y/o harinas extras presentan variación en su composición, lo que se debe a las variedades de trigo empleadas en su elaboración, procedencia del mismo, tipo de fortificación, etc. En la tabla 5, se muestra la composición de la harina de trigo extra y especial.

Tabla 5

Composición de las harinas como producto terminado

Elemento	Harina Extra (80-83%)	Harina Especial (75-78%)
Proteínas	12-13.5 %	8-11 %
Almidón	67%	72%
Azúcares	2-3%	1.5-2.5 %
Grasas	2.2%	1-2 %
Cenizas	0.65 a mas	0.55-0.65 %
Humedad	15%	15 %
Vitaminas	0.1%	0.3%
Fibra	11%	3 %

Nota. Tomado de Introducción al grano de trigo, Producción NPI, 2015, ALICORP S.A.A (Coaguila, 2018)

Antioxidantes.

Yu et al. (2004), Detectó niveles significativos de actividades de captación de radicales libres contra radicales estables de DPPH, capacidades quelantes de Fe^{+2} y fenólicos totales en las fracciones de harina de trigo de tres variedades cultivadas en los cinco lugares de prueba en Colorado, concluyendo que tanto la variedad como la ubicación de crecimiento podrían alterar significativamente las propiedades antioxidantes y el contenido fenólico total de la harina de trigo.

Lv et al. (2012), mencionan que los extractos de variedades seleccionadas de harina de trigo poseían actividad antiproliferativa contra células de cáncer de colon humano, debido a ciertos componentes aislados de la harina de trigo: ácido ferúlico, p-coumárico ácido y tocotrienoles. También demostraron que las harinas de trigo blando pueden contener niveles significativos de antioxidantes naturales, ácido ferúlico, a- y d-tocoferol, y luteína y zeaxantina.

Producción de harina de trigo.

La demanda anual de trigo por parte de la industria molinera es de 2 millones de toneladas, sin embargo, la producción nacional no logra cubrir la demanda interna ya que solo una parte se destina a esta industria. Por ello cerca del 90% del consumo de trigo es importado de Canadá (66%), Argentina (19%) y Estados Unidos (8%) (Comercio, 2019).

La producción de harina de trigo en el Perú para el periodo Enero-Septiembre de 2020 es de 1 048 123 toneladas, el volumen anual de producción del año 2019 fue 1 380 354 toneladas, superior al del año 2018 1 244 333 toneladas.

ALIM (2018), menciona que el principal destino de la harina de trigo es la panificación (69%), seguido por las pastas (16%), galletas (9%). En el Perú el consumo per cápita de harina de trigo es 44 kg/habitante/año, inferior al promedio en América Latina (46 kg/habitante/año), siendo Argentina y Uruguay los países con mayor consumo con 90 kg / habitante/ año. En consumo per cápita de pan es 33 kg/habitante/año, igual que Brasil, inferior al promedio en América Latina (36 kg/habitante/año), siendo Chile y Argentina los países con mayor consumo con 86 y 65 kg/habitante/año respectivamente. En cuanto a las galletas el consumo es de 4.0 kg/habitante/año, igual al promedio en América Latina y en las pastas es de 10 kg/habitante/año, superior al promedio (7 kg/habitante/año).

Ale (2019), refiere que, entre las empresas Molineras en el Perú, la empresa Alicorp representa el 35%, seguida por Molicentro S.A. con 13% de participación en esta industria. En la figura 6, se presenta el porcentaje de participación de las empresas molineras peruanas.

**Participación de las Empresas Molineras
En el Perú 2017**
%

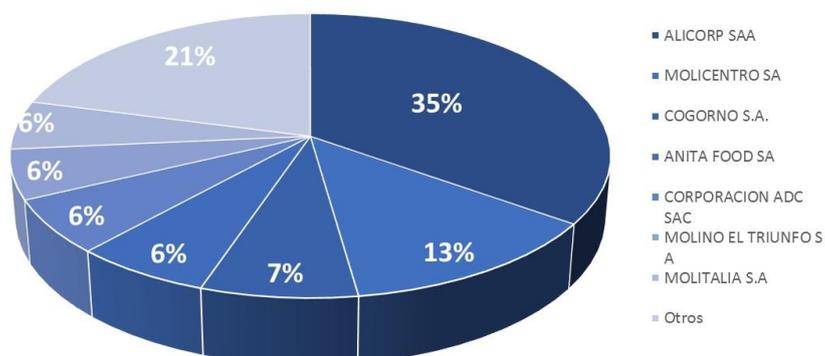


Figura 6. Participación de las empresas molineras del Perú (Ale, 2019).

Legua & Ramírez (2018), en el Informe del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, menciona las siguientes marcas de harina de trigo comercializadas en nuestro país: Anita, Benoti, Blanca Nieve, Cogorno, Del Cielo, Don Ángel, Don Bitute, Don Catalino, Don Lucho, Don Luciano, Doña Ángela, Doña Vera, El Molino, Espiga de Oro, Favorita, Gran Panadero, Grano de oro, Inca, La Italiana, La Panera, Las Mercedes, Molicentro, Nicolini, Santa Catalina, Santa Rosa, Sayón, Torre Blanca, Victoria.

Los molinos peruanos de harina de trigo son 22 y están ubicados en los departamentos de: Arequipa (Alicorp S.A.A. - Molino Arequipa, Alicorp S.A.A. - Molino Sid Sur, Molino Las Mercedes SAC, Molinera Industrial Peruana SAC, Huánuco (Molinera Kuennen & Duanne S.A.), La Libertad (Cogorno S.A. - La Libertad), Lima (Agroindustria Santa María S.A.C, Anita Food S.A., Corporación El Trigal SAC, Industrias Unidas del Perú S. A., Molinera del Centro S.A., Molitalia S.A., Poder Panadero S.R.L, Procesadora de Alimentos Cielo SAC), Piura (Industrias Teal S.A.), Tacna (Corporación ADC SAC) y la Provincia Constitucional del Callao (Alicorp S.A.A. - Molino Callao, Alicorp S.A.A. - Molino Faucett, Alicorp S.A.A. - Molino Santa Rosa, Cogorno S.A., Molino El Triunfo S.A.) (Legua & Ramírez, 2020). En la figura 7, se muestra la ubicación de los molinos y la cantidad por departamento.

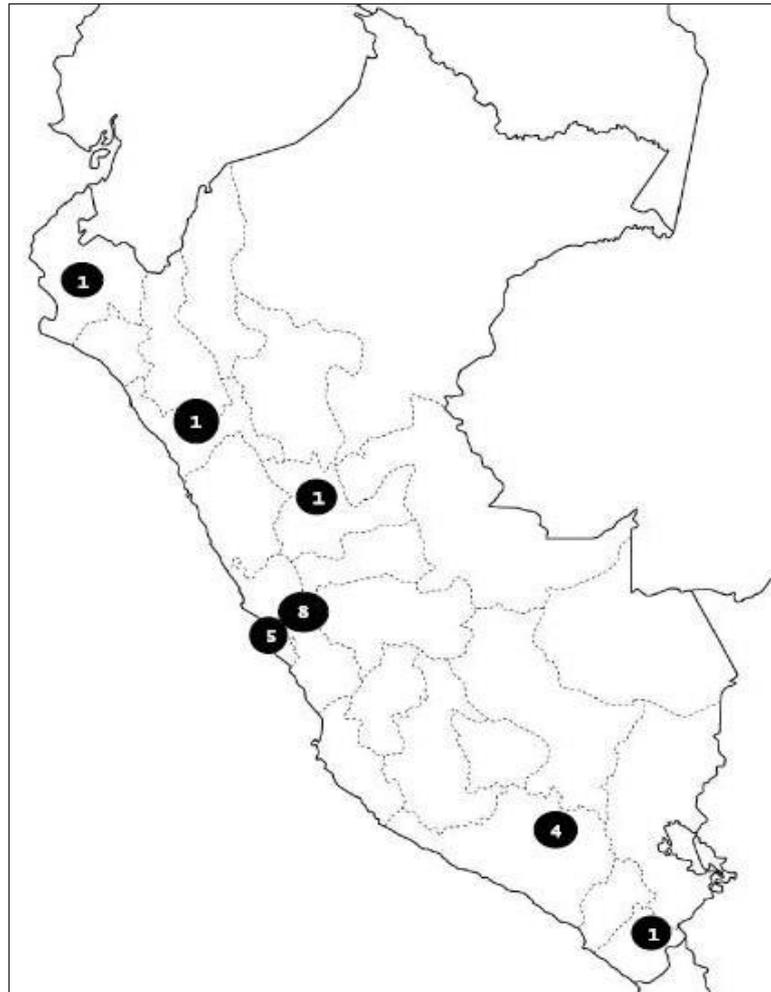


Figura 7. Ubicación geográfica de las Molinos productores de harina de trigo en el Perú, (Legua & Ramírez, 2020).

2.2.3. Antioxidantes.

Moharram & Youssef (2014), menciona que, en la ciencia de los alimentos, antioxidante está definido como una sustancia que cuando está presente en bajas cantidades comparado con los de un sustrato oxidable y lo reduce de manera significativa o evita los efectos adversos de especies reactivas.

Los antioxidantes están presentes en los alimentos naturalmente o pueden formarse durante el procesamiento. Los antioxidantes dietéticos son importantes en el cuerpo porque contrarrestan la oxidación y previene enfermedades crónicas causadas por el estrés oxidativo, estos compuestos retrasan o inhiben la oxidación a través de diversos mecanismos: captación de radicales libres, quelación de iones metálicos que aceleran los procesos de

oxidación, extinción del oxígeno singlete e inactivación de la lipoxigenasa. (Cömert & Gökmen, 2018).

Los antioxidantes pueden estar presentes en los alimentos en forma libre o ligada, su ubicación puede subdividirse en cinco categorías: libre de interacción química o física con otras macromoléculas, unido químicamente a macromoléculas de alto peso molecular, unido iónicamente a la matriz alimentaria, atrapado físicamente en la matriz del alimento y atrapado físicamente en varias estructuras celulares. No obstante, un antioxidante puede estar presente en forma libre y ligada, eso dependerá de la matriz alimentaria en la que se encuentre (Cömert & Gökmen, 2017). En la figura 8, se muestra las diferentes formas de antioxidantes unidos en una matriz alimentaria (las líneas verdes continuas y las líneas de puntos verdes indican antioxidantes unidos covalentemente y unidos iónicamente, respectivamente).

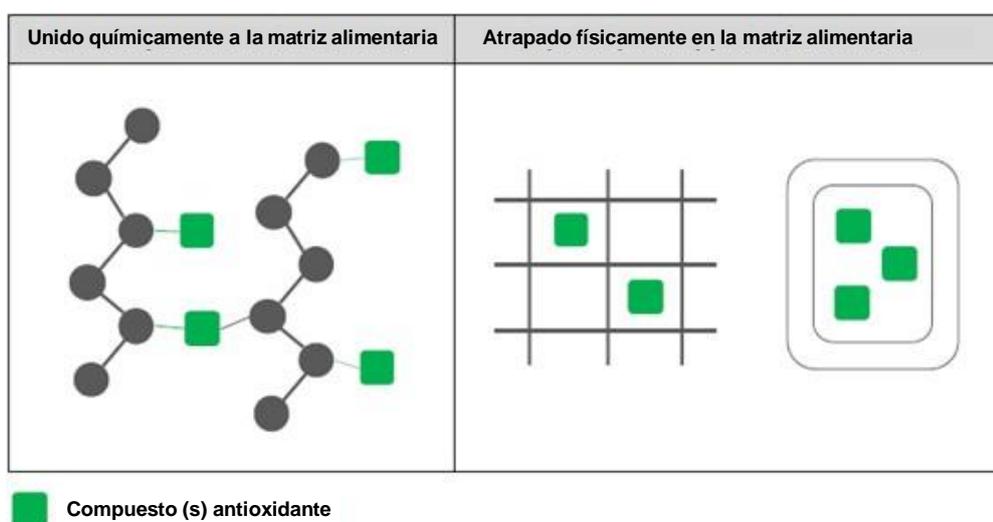


Figura 8. Formas en las que los antioxidantes unidos pueden encontrarse en un alimento (Cömert & Gökmen, 2017).

2.2.4. Capacidad antioxidante.

Se define como el número de moles de un radical libre específico secuestrado por la solución en estudio de forma independiente por un antioxidante en la mezcla. La potencia antioxidante total que se analiza mediante las actividades reductoras combinadas de la sustancia dada. Además, refieren que el ensayo de antioxidante individual no muy útil comparado con la capacidad antioxidante

total. Los ensayos de antioxidantes individuales son de utilidad cuando se busca estudiar la relación estructura - actividad de compuestos antioxidantes. (Shivakumar & Kumar, 2018).

La capacidad antioxidante de una mezcla es más que la suma de capacidad antioxidante de cada uno de sus componentes, también se considera la interacción de los antioxidantes, la cual está influenciada por la concentración de los mismos, esta interacción puede darse de dos formas: sinérgica o inhibitoria. Esto quiere decir que, si la suma de la capacidad individual de los antioxidantes es menor a la capacidad antioxidante total de la sustancia, el tipo de interacción producida es sinérgica. (Cömert & Gökmen, 2018; López, 2016).

Métodos.

Shahidi and Zhong (2015), menciona que los métodos para determinar capacidad antioxidante se dividen en ensayos basados en reacciones de transferencia de átomos de hidrógeno (HAT) y ensayos basados en reacciones de transferencia de electrones simples (ET). Ambas reacciones pueden ocurrir en paralelo, y el mecanismo dominante depende de la estructura, propiedades antioxidantes, solubilidad y el sistema del disolvente. La actividad antioxidante se puede expresar como inhibición contra la oxidación de la sonda mediada por ROS, o equivalentes de un antioxidante de referencia (trolox, ácido ascórbico u otro compuesto). Las tecnologías de detección de capacidad antioxidante pueden realizarse con un espectrofotométrico, fluorométrico, quimioluminiscente, EPR (resonancia paramagnética de electrones), FT-IR (infrarrojo por transformada de Fourier), RMN (resonancia magnética nuclear) y métodos amperométricos, entre otros.

Ensayos basados en ET, miden la capacidad reductora de los antioxidantes. Al reducirse los compuestos antioxidantes se produce el cambio de color del reactivo, el cual se correlaciona con la capacidad antioxidante, y se mide por el cambio de absorbancia. Por otro lado, los ensayos basados en HAT, estos ensayos cuantifican la capacidad de donación de átomos de hidrógeno de los compuestos antioxidantes mediante una reacción ET acoplada a protones, donde mide la capacidad antioxidante de ruptura de cadena. Estos ensayos están basados en la reacción entre el generador sintético de radicales libres, la

sonda molecular oxidable y un oxidante donde la cinética de reacción se deriva de la curva cinética (Dontha, 2016).

Las reacciones basadas en HAT y ET dependen del pH; en particular, la ET también está controlada por el potencial de ionización. Las reacciones basadas en ET son relativamente lentas en comparación con los ensayos basados en HAT debido a la estabilización de las especies cargadas en el entorno del disolvente (Shivakumar & Kumar, 2018).

Existe una gran dificultad al elegir el un método de análisis adecuado, debido a sus diversos mecanismos de reacción, ningún método es capaz de capturar los distintos modos de acción de los antioxidantes. Durante mucho tiempo se ha empleado el ensayo de cubeta convencional, el cual emplea un espectrofotómetro UV-Visible para medir la absorbancia, estos últimos años está siendo reemplazado por el ensayo de titulación en placa de 96 pocillos, el cual utiliza un lector de placa ELISA para la absorbancia. Este último ensayo necesita menos tiempo, analiza hasta 96 muestras al mismo tiempo y requiere menor cantidad de reactivo en comparación con el primer ensayo (Badarinath et al., 2010).

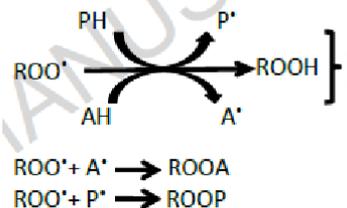
Niki (2010), menciona que actualmente existen diversos ensayos para cuantificar la capacidad antioxidante in vitro, pero solo algunos son confiables y rápidos. Todos estos métodos espectrofotométricos emplean soluciones coloreadas de radicales/oxidantes, tales como: ABTS, DPPH, CUPRAC, Folin-Ciocalteu y FRAP, o se basan en la fluorescencia: ORAC. Estos métodos solo cuantifican a los antioxidantes solubles debido a que dependen de extracción.

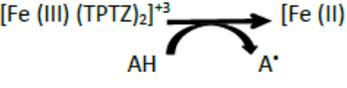
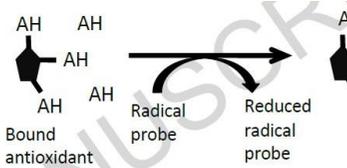
Moharram and Youssef (2014), refiere que la comparación de la capacidad antioxidante por diferentes métodos no está altamente relacionada y por ello debe ser analizada por más de un método.

Serpen, Gökmen, and Fogliano (2012), menciona que los métodos basados en extracción, ignoran los antioxidantes insolubles, limitando la cuantificación de capacidad antioxidante de los vegetales en estudios.

Tabla 6

Principio y ventajas / desventajas de los ensayos de medición de la capacidad antioxidante y representación esquemática de sus mecanismos

Ensayo	Sonda de detección	Principio de medida	Representación esquemática del mecanismo
TRAP	Oxígeno	Determinación del consumo de oxígeno durante la inhibición de la oxidación plasmática por antioxidantes.	$R_2N_2 \rightarrow 2R^* + N_2$ $R^* + O_2 \rightarrow ROO^*$  $ROO^* + AH \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} ROOH + A^*$ $ROO^* + A^* \rightarrow ROOA$ $ROO^* + P^* \rightarrow ROOP$
	β -ficoeritrina	Monitoreo de la descomposición de la fluorescencia de la β -ficoeritrina durante la inhibición de la oxidación por antioxidantes y determinación del tiempo de retardo	
Oxidación de LDL	Disenos conjugados	Seguimiento del aumento de absorbancia debido a la formación de dienos conjugados por oxidación de LDL y su inhibición por antioxidantes	
	β -ficoeritrina	Monitoreo cinético de la descomposición de la fluorescencia de la β -ficoeritrina en presencia de antioxidantes y un agente oxidante, seguido del cálculo del área bajo la curva de descomposición de la β -ficoeritrina	
ORAC			
	Fluoresceína	Monitoreo cinético de la disminución de la fluorescencia de la fluoresceína en presencia de antioxidantes y un agente oxidante, seguido del cálculo del área bajo la curva de disminución de la fluoresceína.	
TEAC (ABTS)	ABTS +	Monitorización de la disminución de absorbancia espectrofotométricamente debido a la decoloración del radical catión ABTS + reducido por antioxidantes	 $ABTS^{*+} + AH \rightarrow A + A^*$

DPPH	DPPH □	Monitoreo de la disminución de absorbancia debido a la decoloración de DPPH radical reducido por antioxidantes en espectrofotómetro	
DMPD	DMPD +	Monitoreo de la disminución de absorbancia debido a la decoloración de DMPD + catión radical reducido por antioxidantes en espectrofotómetro	
Folin-Ciocalteu capacidad reductora	Reactivo de Folin-Ciocalteu (FCR)	Monitoreo del aumento de absorbancia debido a la reducción de FCR mediante agentes reductores en espectrofotómetro.	
FRAP	férrico 2,4,6-tripiridil-estriazina (Fe + 3 TPTZ)	Monitoreo del aumento de absorbancia debido a la reducción del complejo Fe + 3 TPTZ por antioxidantes en espectrofotómetro	
CUPRAC	Cobre (II) - reactivo de neocuproína (Cu (II) -Nc)	Monitoreo del aumento de absorbancia debido a la reducción del reactivo Cu (II) -Nc por antioxidantes en espectrofotómetro	
QUENCHER	ABTS + DPPH Fe + 3 TPTZ Cu (II) -Nc FCR fluoresceína	El enfoque QUENCHER se puede adaptar a los ensayos clásicos (ABTS, DPPH, FRAP, CUPRAC, ORAC, FCR). La diferencia con la forma original de estos ensayos es que los antioxidantes hidrófilos y lipófilos, solubles o insolubles, entran en contacto con la solución de radicales a través de los tipos de reacción líquido-líquido y sólido-líquido sin procedimientos de extracción.	

Nota. (R2N2 = compuesto azo, PH: sonda diana, AH = compuesto antioxidante, A | = antioxidante oxidado, P | = sonda diana oxidada, R | = radical, ROO | = radical peroxilo) (Cömert & Gökmen, 2018).

QUENCHER

Es un ensayo simple y directo para la medición de la capacidad antioxidante llamado "QUENCHER" (rápido, fácil, nuevo, económico, reproducible), permite determinar la capacidad antioxidante sin extracción de muestras de alimentos, los antioxidantes solubles, insolubles, o hidrófilos y los antioxidantes lipofílicos entran en contacto directo con los radicales (Cömert & Gökmen, 2018). Pero tiene como puntos críticos: la molienda y la ponderación exacta del material (Henrion, Servaes, Thielecke, & Fogliano, 2017).

La metodología está basada en el contacto directo de alimento sólido (antioxidante) y un líquido (solución del radical). La reacción puede darse de dos formas: Reacción líquido-líquido (parte soluble de la muestra) y Reacción en la interfaz sólido-líquido (antioxidantes unidos a la parte insoluble). El área de superficie total influye en la velocidad de reacción, debido a que facilita el contacto entre los reactivos y eleva la cantidad de colisiones (Di Benedetto et al., 2015; Samotyja, Małecka, & Sielicka, 2016).

Serpen et al. (2012), mencionan que el método QUENCHER, a sido aplicado a diversas matrices alimentarias (cereales, frutos secos, semillas, productos fritos, productos de panadería, nanopartículas y proteínas). Este método de especial interés en muestras donde la mayor cantidad de antioxidantes están unidos a la matriz.

Samotyja et al. (2016), menciona que este procedimiento tiene pocos pasos. Dependiendo de la humedad de las muestras será necesario un tratamiento previo, si la humedad es alta (carnes, frutas y verduras) debe eliminarse el agua (Liofilización), si la humedad es baja (cereales, nueces algunos alimentos procesados) no será necesario. Después es necesario reducir el tamaño hasta conseguir partículas de 0,1- 0,3 mm, en caso las muestras presentan una capacidad antioxidante alta, deben ser diluidas en seco con celulosa en polvo. Luego, se mezcla el radical con el que se trabajara, requiere de un tiempo para el contacto de los restos reactivos, se centrifuga y finalmente se debe separa el sobrenadante para medir su absorbancia.

Este procedimiento se introdujo hace más de una década, y actualmente existen muchos artículos de investigación en los que han adaptado la técnica QUENCHER para determinar la capacidad antioxidante de los alimentos que contienen grandes cantidades de antioxidantes insolubles ligados Comert 2018. Inicialmente se adaptó al método ABTS y DPPH. Finalmente se logró adaptara a otras metodologías utilizadas para evaluar la actividad antioxidante como FRAP, CUPRAC, ORAC y Folin-Ciocalteu (Di Benedetto et al., 2015; Samotyja et al., 2016).

2.3. Definiciones conceptuales

Capacidad Antioxidante: capacidad de una sustancia de inhibir la oxidación oxidativa, es la capacidad de un antioxidante para reaccionar frente a radicales libres y así promover efectos preventivos sobre algunas enfermedades.

Antioxidantes: son sustancias presentes a bajas concentraciones en los alimentos o en el cuerpo, que tiene la capacidad de retrasar o prevenir algunos daños celulares causados por diversos tipos de enfermedades.

DPPH: 2,2-difenil-picril-hidracilo, es una sonda colorimétrica y de radicales libres estable para la detección de captadores de radiales libres, reacciona con antioxidantes y cambia de color violeta oscuro a amarillo. Es empleado para medir el potencial antioxidante de extractos de plantas, alimentos y compuestos puros.

Harina: es el polvo fino que se obtiene de la molienda de alimentos con alto contenido en almidón, como los cereales, legumbres y otras semillas.

2.4. Hipótesis de investigación

2.4.1. Hipótesis General

No existe diferencia significativa entre las capacidades antioxidantes de lasharinas de trigo comercializadas en el Perú.

2.4.2. Hipótesis Específicos

Las harinas comercializadas en el Perú si presentan capacidad antioxidante.

No son iguales las capacidades antioxidantes de las harinas comercializadas en el Perú.

2.5. Operacionalización de Variables e indicadores

En la tabla 7, se presentan las variables operacionales de la investigación:

Tabla 7

Operacionalización de las variables e indicadores del estudio

Variabes	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de medición	Unidad de medida
Independiente Harina de trigo	Harinas comerciales	Harinas panificables	balanza	Marca pero
		Quencher – DPPH	Lector Microplacas	Promedio CAT
Dependiente Capacidad	Método extractable	Quencher – ABTS+		Promedio CAT
		DPPH- extractable	Lector	Promedio TEAC
		ABTS- extractable	microplacas	Promedio TEAC

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de Investigación.

El tipo de investigación de este estudio es experimental, transversal y de carácter cualitativo, aplicado y observacional debido a que se obtienen datos y se observan los sucesos ocurridos durante el proceso de ejecución de la investigación.

3.1.2. Nivel de Investigación.

Esta investigación es de nivel explicativo y descriptivo, ya que se pretende determinar la capacidad antioxidante de harinas de trigo comerciales en el Perú, paracompararlas e identificar cuál de todas las muestras tiene mayor valor funcional.

3.1.3. Diseño.

Para alcanzar los objetivos planteados en este estudio, en la figura 9 se presenta el diseño metodológico de esta investigación.

3.1.4. Enfoque.

La investigación está enfocada a determinar la capacidad antioxidante de las harinas de trigo comercializadas en el Perú de uso directo en la panificación y tiene un sentido cuantitativo, este estudio busca brindar información del poder antioxidante de diferentes marcas de harina de trigo e identificar cual tiene mayor valor funcional, ya que no existen otros estudios.

Para llevar a cabo esta investigación, la parte experimental se realizará en el Laboratorio de Proyecto de Investigación - Modalidad FOCAM “Formulación de bebidas funcionales con capacidad antioxidantes a base de frutas y verduras” en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión - Huacho.

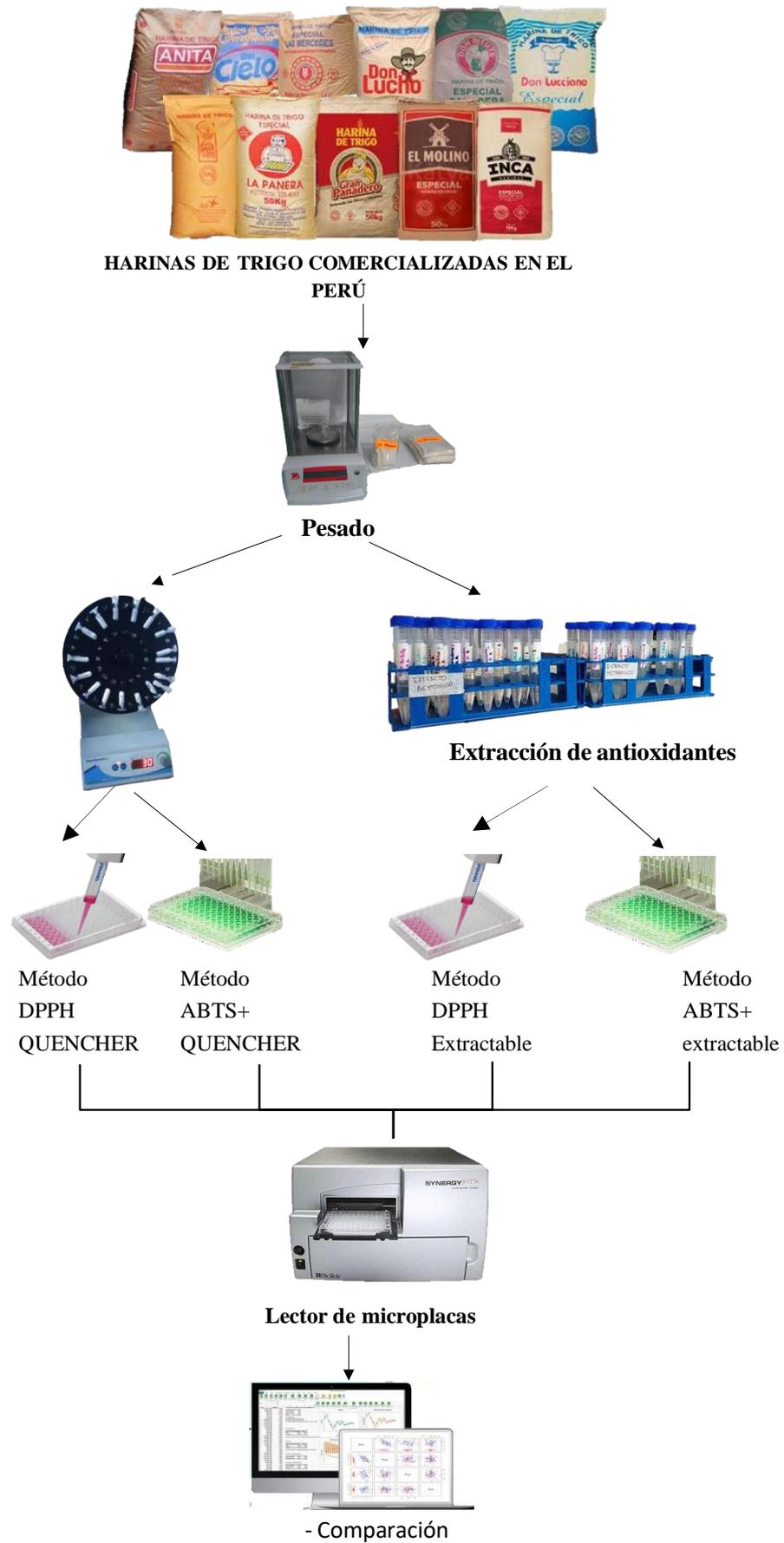


Figura 9. Esquema del proceso experimental de la investigación.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población.

La población en esta investigación está conformada por las harinas de trigo comercializadas en el Perú.

3.2.2. Muestra.

La unidad de análisis serán 13 muestras de harina de trigo comercializadas en el Perú de uso directo en panificación: harina especial Anita, Don Bitute, Doña Vera, Las Mercedes, La Panera, Inca, El molino, Don Lucciano, Don Lucho, La Italiana, Blanca Flor, Gran Panadero y Del Cielo.

3.3. Técnicas de recolección de datos

3.3.1. Técnicas a emplear.

Extracción de antioxidantes.

Para obtener el extracto de antioxidantes, se realizan dos extracciones:

Extracción metanólica:

Se pesa 2 g de cada muestra de harina de trigo y se la añade 10 mL de metanol/agua (50:50, v/v, pH 2), luego se colocan en un vortex a velocidad máxima durante 10 a 30 minutos cubriéndolos de la luz, dejamos reposar 24 h a temperatura ambiente. Centrifugar durante 10 minutos a 10000 rpm a de 4°C. Separar el sobrenadante, se reserva el pellet.

Extracción acetónica:

En pellet de la primera extracción, se añade 10 mL de Acetona/agua (70:30, v/v) y se agita a velocidad máxima durante 10 a 30 minutos cubriéndolos de la luz, se centrifuga durante 10 minutos a 10000 rpm a de 4°C. Dejamos reposar 24 h a temperatura ambiente Se separa el sobrenadante.

Se mezclan los sobrenadantes de la extracción acetónica y metanólica en la misma cantidad y se mantienen a – 40 °C, hasta ser analizado (Anexo 1).

Método DPPH – extractable.

Este método descrito por Brand-William et al (1995), se emplea para medir la actividad antioxidante. La investigación sigue lo propuesto por Abderrahim, Arribas, Gonzalez, and Condezo-Hoyos (2013) empleando un lector de microplacas, primero se prepararon los reactivos (Anexo 2), luego en una microplaca de 96 pocillos se añadió 10 µL muestra o control por triplicado y se mezcla con 200 µL de DPPH (80 µmol L⁻¹ disuelto en metanol 1: 1/10 mmol L⁻¹ Tris-HCl buffer pH 7,5), se agito por diez minutos a temperatura ambiente cubriéndolo de la luz. Finalmente se midió la absorbancia a 520 nm con un lector de microplacas.

Método ABTS – extractable.

Este método mide el TEAC, inicialmente fue usado por Re et al. (1999), este método ha pasado por muchas modificaciones ligeras para convertirlo en un análisis micrométodo. Para formar el radical se pesa 0.0192 g de ABTS y se añade 0.0033 g de persulfato pototásico, se mezcla con agua ultra pura, hasta enrasar en una fiola de 5 mL, se mantiene a oscuras durante 16 horas (temperatura ambiente). Para realizar la lectura se transfieren 10 uL de la muestra en cada uno de los pocillos de la microplaca (3 repeticiones), se añade 100 uL de la solución de trabajo de ABTS+. Se preparó una curva de calibración con Trolox en concentraciones seriadas de 150 a 1.1718 µM, todas disueltas en etanol: agua (50:50), se lee a 734 nm con un lector de microplacas, los resultados se expresan en uMol Equivalente Trolox/g de harina de trigo (Anexo 3).

Método directo DPPH-QUENCHER.

Para evaluar la capacidad antioxidante por este método se siguió lo propuesto por Condezo-Hoyos, Abderrahim, Arriba, and Gonzalez (2015). Se pesó 0.050 g de harina de trigo, se mezcla con 1 mL de DPPH (120 µM disuelto en Etanol-agua 1: 1/10 mmol L⁻¹ Tris-HCl buffer pH 7,5) y se agita a 200 rpm por 10 minutos en temperatura ambiente con un agitador orbital, cubriendo las muestras de la luz con papel de aluminio. Después las muestras se centrifugan 10000 rpm durante 10 minutos a 4°C. Finalmente 200 uL de los sobrenadantes son transferidos a cada pocillo de la microplaca, por triplicado. La absorbancia

se midió a 520 nm empleando un lector de microplacas. La capacidad antioxidante total se calculó como índice de capacidad de secuestro (SCI) y se expresará en mMol DPPH inhibido/ Kg de harina de trigo (Anexo 4).

Método directo ABTS-QUENCHER.

El catión radical ABTS • + se generó por oxidación química con persulfato de potasio como describen Re et al. (1999) y luego se diluyó en una mezcla de etanol: agua (50:50, v / v). Se prepara una curva estándar Trolox de (400 µM a 50 µM). Se pesó 0.004 g de harina de trigo, se le añadió 900 µL de solución ABTS y 100 µL etanol-agua, se agito por 1 hora (para facilitar La reacción superficial entre las partículas sólidas y el reactivo), se centrifugó 10000 rpm durante 10 minutos a 4°C. Se transfirió 200 µL del sobrenadante a cada pocillo de la microplaca, por triplicado. Para la curva estándar trolox se añadió 900 µL de solución ABTS y 100 µL de las diluciones. Finalmente, la absorbancia se mide a 734 nm en un lector de microplacas. (Anexo 5).

3.3.2. Descripción de instrumentos

Materias primas e insumos

- Harina de trigo harina especial Anita, Don Bitute, Doña Vera, Las Mercedes, La Panera, Inca, El molino, Don Lucciano, Don Lucho, La Italiana, Blanca Flor, Gran Panadero y Del Cielo.

Reactivos

- Metanol, para análisis, 99.9 %. Marca Scharlau.
- Etanol absoluto
- Acetona para análisis, EMSURE™ ACS, ISO, Reag. Ph Eur. 99%. Marca Merck, España.
- 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), Marca Sigma-Aldrich.
- 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)
- Ácido Hidroclorhídrico, marca Merck, España. Tris base
- Buffer fosfato 75 mM Agua grado ultra pura, Milli Q (<18.2 mΩ)
- Agua destilada
- Trisma base, 99 %. Marca Sigma-Aldrich.

- Trolox (ácido 6-hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico) 1 mM (98.1%- Merck).

Equipos

- Balanza semi-micro analítica, precisión de 0,01 mg, marca Radwag, USA.
- Centrifuga universal (MPW-251 Med. Instruments)
- Microcentrifuga Refrigerada, Marca Hermle,
- Refrigeradora marca Electrolux
- Ultra congelador ULUF, Marca Arctiko, Lammefjordsvej, Dinamarca.
- Agita tubos (VM-300 Vortex Mixer)
- Agitador orbital (Shaker) TOS-4030FD, Marca MRC, Laboratory Equipment, Israel.
- Agitador Vortex, modelo BenchMixer XL, Marca Benchmark
- Agitador giratorio con asadores para tubos de 1,5 / 2,0, 15 y 50ml, Marca Benchmark
- Agitador Vortex, modelo SA8, marca Stuart
- Lector de microplaca (Synergy HTX Multi-Modal, Marca Biotek, Rochester, VT, USA).

Materiales

- Vasos de vidrio (5,10,25,50 y 100 ml)
- Microplacas de 96 pocillos, marca Nunc TM MicroWell TM de 96 pozos, Thermo Scientific, Madrid, España.
- Tubos de centrifuga de 15, 50 ml (Falcon)
- Micropipetas Transferpette electrónicas de 5 a 50 uL, 10 a 10 ul y 100 a 1000 ul, Marca Brand, GmbH, Alemania.
- Papel aluminio
- Espátula
- Pizetas
- Bolsas herméticas de cierre zip

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

Las técnicas empleadas en el procesamiento de análisis de datos, se utilizó el análisis estadístico Prueba de T-Student, desviación estándar, coeficiente de variabilidad, para ello emplearon programas como Microsoft Excel y el Software GEN5 del equipo lector de microplaca multimodal. Los resultados se presentaron en gráficos lineales, diagramas de resultados por análisis.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Determinación de la capacidad antioxidante.

La capacidad antioxidante de las 13 marcas de harina de trigo especial se cuantificó por los métodos: DPPH (Extractable y QUENCHER), ABTS (Extractable y QUENCHER).

4.1.1. Método DPPH Extractable.

La capacidad antioxidante mediante este método, se determina desde un extracto de dos fases expresado en μMol DPPH inhibido/100g de Harina de trigo. En la tabla 8 se muestra los resultados correspondientes a la capacidad antioxidante de las harinas de trigo por el método DPPH Extractable.

Tabla 8

Capacidad Antioxidante en harinas de trigo por el método DPPH Extractable

Marca de harina de trigo	μMol DPPH Inhibido/100g harina			Promedio	Desv. Estándar
	R1	R2	R3		
La panera	18.48	19.18	20.16	19.27	0.84
Las Mercedes	26.88	29.30	27.62	27.93	1.24
La italiana	15.40	17.92	15.54	16.29	1.42
Doña vera	26.32	25.62	25.01	25.65	0.65
Don bitute	19.04	17.78	19.78	18.87	1.01
El molino	23.52	23.10	25.90	24.17	1.51
Don lucciano	27.72	27.44	25.20	26.79	1.38
Del cielo	11.48	10.40	11.01	10.96	0.54
Gran panadero	27.16	28.84	24.64	26.88	2.11
Inca	23.24	21.00	22.26	22.17	1.12
Anita	14.28	13.44	15.12	14.28	0.84
Blanca flor	28.00	31.22	28.00	29.07	1.86
Don lucho	30.52	26.46	25.76	27.58	2.57

Los promedios señalan que la harina Blanca flor tienen mayor poder antioxidante, seguido de las Mercedes, Don Lucho, Gran Panadero, Don Lucciano no tienen diferencia significativa ($p < 0.05$), las harinas Doña Vera, El

Molino, Inca se agrupan con valores similares, otro grupo está conformado por La Panera, Don Bitute, La Italiana y Anita; la harina Del cielo posee menor capacidad antioxidante.

4.1.2. Método DPPH-QUENCHER.

Este es un método directo, el cual no requiere extracción y se expresa en μMol DPPH inhibido/100g de Harina de trigo. En la tabla 9 se observa los resultados de Capacidad antioxidante de harina trigo por el método directo.

Tabla 9

Capacidad antioxidante de harina trigo por el método directo DPPH-QUENCHER

Marca de harina de trigo				Promedio	Desv. Estándar
	R1	R2	R3		
La panera	99.24	91.92	93.37	94.84	3.88
Las Mercedes	146.29	162.84	156.40	155.18	8.34
La italiana	126.18	111.02	122.33	119.84	7.88
Doña Vera	138.06	133.28	122.47	131.27	7.99
Don bitute	103.70	118.66	109.38	110.58	7.55
El molino	156.45	146.03	142.93	148.47	7.08
Don lucciano	122.84	130.42	122.46	125.24	4.49
Del cielo	44.46	43.90	48.91	45.75	2.75
Gran panadero	116.11	124.97	117.70	119.59	4.72
Inca	112.77	116.27	110.85	113.30	2.75
Anita	71.31	86.81	85.49	81.21	8.59
Blanca flor	121.15	133.20	132.41	128.92	6.74
Don lucho	158.65	156.26	141.06	151.99	9.54

Los resultados obtenidos por el método DPPH-QUENCHER indican que la harina las mercedes presenta mayor poder antioxidante con 155.18 μMol DPPH Inhibido/100g harina, seguido de Don Lucho y El molino; y las harinas con menos capacidad antioxidante son la panera, Don Bitute y Del Cielo posee menor capacidad antioxidante, siendo esta ultima la que posee 45.75 μMol DPPH Inhibido/100g harina.

4.1.3. Método ABTS⁺-Extractable.

Los valores obtenidos de capacidad antioxidante de las 13 marcas de harina de trigo, mediante el método ABTS⁺-Extractable, se calcularán en referencia a una curva patrón del trolox y se expresan $\mu\text{Mol ET}/100\text{ g}$.

Tabla 10

Capacidad antioxidante de harina trigo por el método directo ABTS⁺-Extractable

Marca de harina de trigo	$\mu\text{Mol T}/100$			Promedio	Desv. Estándar
	R1	R2	R3		
La panera	98.50	100.95	100.34	99.93	1.28
Las Mercedes	90.76	102.58	97.06	96.80	5.91
La italiana	75.95	84.99	80.68	80.54	4.52
Doña vera	131.58	135.17	136.01	134.25	2.36
Don bitute	115.79	116.47	118.18	116.81	1.23
El molino	66.76	69.59	77.00	71.12	5.29
Don lucciano	106.81	111.08	104.94	107.61	3.15
Del cielo	103.09	116.75	109.92	109.92	6.83
Gran panadero	106.81	108.74	116.29	110.61	5.01
Inca	143.38	142.87	130.43	138.89	7.34
Anita	112.04	106.81	116.63	111.83	4.91
Blanca flor	108.75	113.62	115.26	112.54	3.39
Don lucho	103.27	112.72	123.64	113.21	10.19

En la tabla 10, se presentan los resultados de capacidad antioxidante por el método ABTS⁺ extractable, donde se observa que la harina Inca y Doña Vera poseen mayor promedio con 138.89 y 134.25 $\mu\text{Mol ET}/100\text{g}$; las harinas El molino y la italiana presentan menor capacidad inhibidora con valores de 71, 12 y 80.54 $\mu\text{Mol ET}/100\text{g}$. respectivamente.

4.1.4. ABTS-QUENCHER.

Al igual que el método ABTS+-QUENCHER en este método se realiza el análisis de manera directa. Los resultados se expresan en $\mu\text{Mol ET}/100\text{g}$.

Tabla 11

Capacidad antioxidante de harina trigo por el método directo ABTS+ QUENCHER

Marca de harina detrigo	$\mu\text{Mol ET}/100\text{ g}$			Promedio	Desv. Estándar
	R1	R2	R3		
La panera	786.49	744.72	727.91	753.04	30.16
Las Mercedes	677.85	678.53	656.01	670.80	12.81
La italiana	786.31	812.89	805.89	801.70	13.78
Doña vera	899.55	840.58	820.35	853.49	41.15
Don bitute	684.14	662.74	666.80	671.23	11.36
El molino	724.61	668.54	707.93	700.36	28.79
Don lucciano	735.80	707.68	656.12	699.87	40.41
Del cielo	625.52	651.48	632.39	636.46	13.45
Gran panadero	666.80	688.30	649.33	668.14	19.52
Inca	821.50	866.52	782.49	823.50	42.05
Anita	670.80	684.60	670.94	675.45	7.93
Blanca flor	692.65	649.57	671.17	671.13	21.54
Don lucho	706.61	710.49	718.79	711.96	6.22

En la tabla 11, se observan los valores de capacidad antioxidante obtenidos por el método ABTS+-QUENCHER. Donde las harinas Doña Vera, Inca, la Italiana tienen mayor promedio con 853.49, 823.50 y 801.7 $\mu\text{Mol ET}/100\text{g}$ respectivamente; seguido de la harina La panera con 753.04 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$; después se agrupan las harinas Don Lucho, el Molino y Don Luciano con valores de 711.96;700.36, 699.87 $\mu\text{Mol ET}/100\text{g}$ respectivamente: otro grupo está formado por las harinas Anita, Don Bitute, Blanca Flor, Las mercedes y gran panadero con valores dentro del 675.45 a 668.14 $\mu\text{Mol ET}/100\text{g}$; la harina del cielo es la que posee menor poder antioxidante con 636,46 $\mu\text{Mol ET}/100\text{g}$.

4.1.5. Comparación del método DPPH.

En la tabla 12 y figura 10, se presenta los valores promedio por los dos métodos DPPH (Extractable y QUENCHER), En los que se observa diferencia significativa.

Tabla 12

Comparación de los métodos DPPH-Extractable y DPPH-QUENCHER

Marca de harina de trigo	uMol DPPH Inhibido/100g harina		
	Extractable	QUENCHER	Quencher/Extractable
La panera	19.27	94.84	4.92
Las Mercedes	27.93	155.18	5.56
La Italiana	16.29	119.84	7.36
Doña Vera	25.65	131.27	5.12
Don Bitute	18.87	110.58	5.86
El molino	24.17	148.47	6.14
Don Lucciano	26.79	125.24	4.67
Del cielo	10.96	45.75	4.17
Gran panadero	26.88	119.59	4.45
Inca	22.17	113.3	5.11
Anita	14.28	81.21	5.69
Blanca Flor	29.07	128.92	4.43
Don Lucho	27.58	151.99	5.51

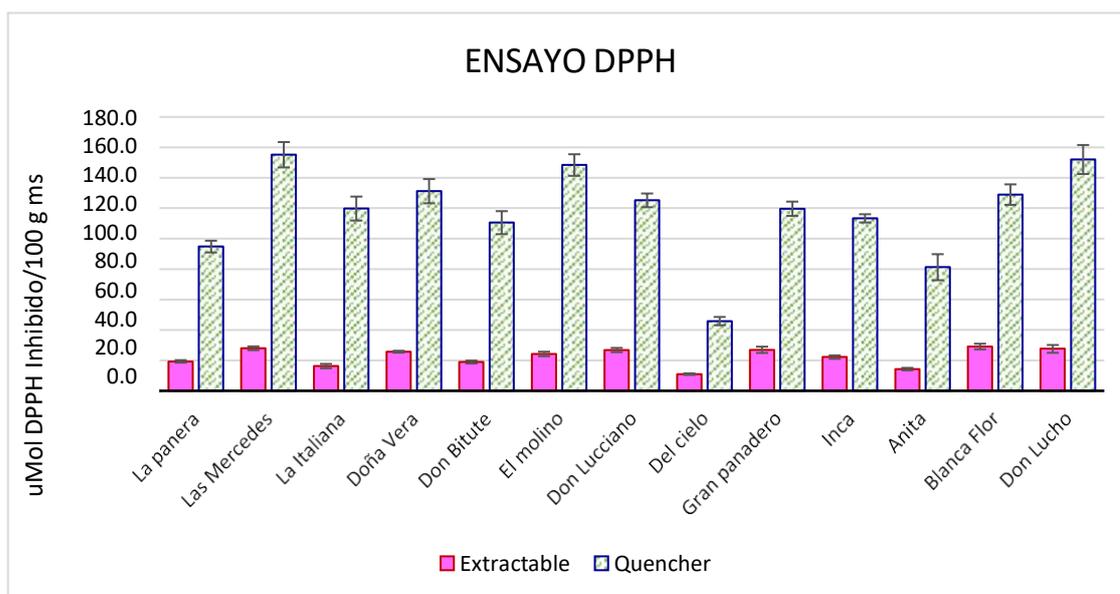


Figura 10. Comparación de la capacidad antioxidante de las harinas de trigo mediante los ensayos DPPH.

En ambos métodos se observa que las marcas de harina Del Cielo y Anita presentan menor capacidad antioxidante; por otro lado, las marcas Las Mercedes y Don Lucho se encuentran en los que poseen mayor poder antioxidante.

4.1.6. Comparación del método ABTS⁺.

En la tabla 13 y figura 11, se comparan los resultados obtenidos por el método ABTS⁺ (Extractable y QUENCHER). Donde se observa gran diferencia en los resultados obtenidos.

Tabla 13

Comparación de los métodos ABTS⁺-Extractable y ABTS⁺ -QUENCHER

Marca de harina de trigo	μMol Equiv. Trolox/100 g		
	Extractable	QUENCHER	Quencher/Extractable
La panera	99.93	753.04	7.54
Las Mercedes	96.8	670.8	6.93
La Italiana	80.54	801.7	9.95
Doña Vera	134.25	853.49	6.36
Don Bitute	116.81	671.23	5.75
El molino	71.12	700.36	9.85
Don Lucciano	107.61	699.87	6.50
Del cielo	109.92	636.46	5.79
Gran panadero	110.61	668.14	6.04
Inca	138.89	823.5	5.93
Anita	111.83	675.45	6.04
Blanca Flor	112.54	671.13	5.96
Don Lucho	113.21	711.96	6.29

En ambos métodos ABTS⁺ -Extractable y ABTS⁺ -QUENCHER), las marcas Inca y Doña Vera son las que presentan mayor poder antioxidante.

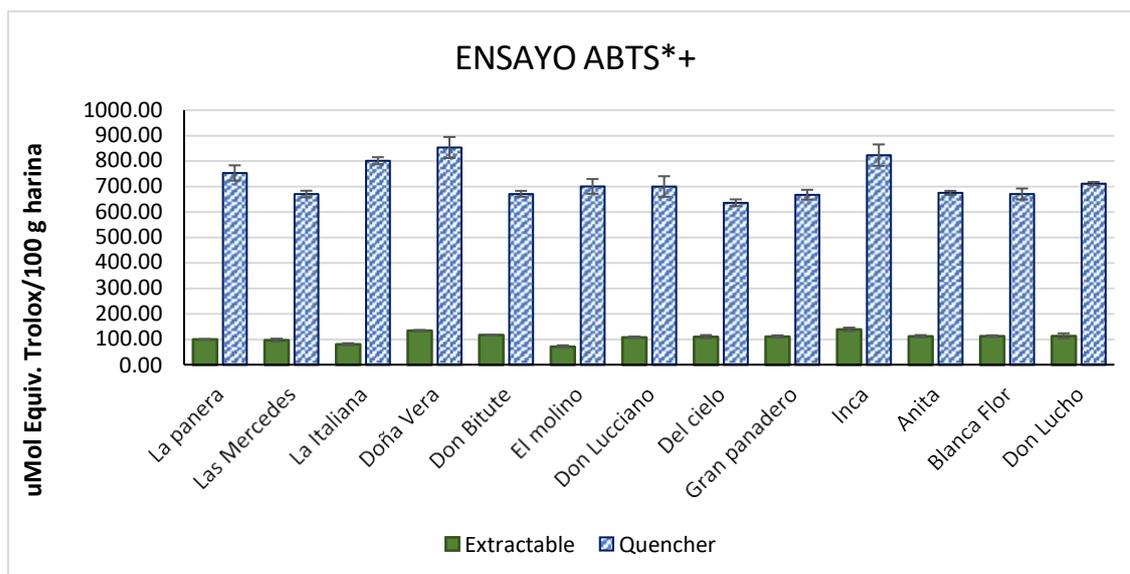


Figura 11. Comparación de la capacidad antioxidante de las harinas de trigo mediante los ensayos ABTS⁺.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Discusión

Capacidad antioxidante por el ensayo DPPH extractable

De acuerdo a los resultados de la tabla 8 para un ensayo de capacidad antioxidante por el método tradicional extractable se tiene que la harina Blanca flor tienen mayor poder antioxidante (29.07 uMol DPPH/100 g), luego hay un grupo de 6 muestras de harinas que sus medias no presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) y sus valores van de 27.93 a 24.17 uMol DPPH/100 g en las que se encuentran las harinas etiquetadas como las Mercedes, Don Lucho, Gran Panadero, Don Lucciano, Doña Vera y el Molino, un tercer grupo de harinas lo conforman las muestras de Inca, La panera y Don Bitute con medias que van de 22.17 a 18.87 uMol DPPH/100 g, así mismo ascendientemente continua las harinas La Italiana y Anita con valores de 16.29 y 14.28 uMol DPPH/100 g respectivamente, la muestra con menor actividad antioxidante se encontró en la harina Del cielo con 10.96 uMol DPPH/100 g. Estos resultados muestran que las harinas evaluadas tienen un rango de 10.96 a 29.07 uMol DPPH/100 g con una media de 22.30 ± 5.85 uMol DPPH/100 g como capacidad antioxidante extractable, otras investigaciones como las de Hung et al. (2009) encontró que la harina a diferentes formas de refinación van de 38 a 42 uMol DPPH/100 g, Lv et al. (2012) que reportaron en 10 tipos de trigo que las harinas enteras van de 144 a 214 uMol DPPH/100 g, Yu et al. (2013) evaluaron 10 harinas refinadas y encontraron valores de 918 a 1000 uMol DPPH/100 g. Ranjbar, Heshmati, Momtaz, and Vahidinia (2019) encontró que la harina fortificada con hierro tiene una capacidad antioxidante de 156 a 190 uMol DPPH/100 g. Todos estos reportes indican que las harinas evaluadas en esta investigación tienen menor valor en capacidad antioxidante extractable, pero hay diferencias en la metodología de extracción, en el tipo de harina si es entera o refinada, hay poca información sobre harinas refinadas y enriquecidas para una mejor comparación, ya que por reglamentación las harinas comerciales evaluadas son enriquecidas, preparadas para un mejor horneado, y cada componente añadido responde de modo diferente frente al poder del reactivo de radical libre DPPH, así mismo hay poca información del efecto cada componente de fortificación en la determinación de la capacidad antioxidante.

Capacidad antioxidante por el ensayo ABTS+ extractable

Para la medición de la capacidad antioxidante por el método ABTS+ extractable los valores medios fueron de 108.01 ± 18.48 uMol ET/100 g en un rango de 71.12 a 138.89 uMol ET/100 g, siendo la harina Inca con mayor valor sin presentar diferencia significativa ($p < 0.05$) con la harina Doña Vera, la harina con menor valor fue en la muestra El Molino sin presentar diferencia significativa ($p < 0.05$) con la harina La Italiana, tal como se aprecia en la tabla 10, las otras muestras de harinas se agrupan en un bloque intermedio donde sus medias no presentan diferencia significativa entre ellas. Estos resultados son inferiores a lo reportados por Lv et al. (2012) que evaluaron 10 tipos harinas enteras de trigo donde su capacidad antioxidante fue de 201 a 248 uMol ET/100 g y de las encontradas por Wang et al. (2020) que la harina procesada tiene un valor de 390 ± 20 uMol ET/100 g, esto generalmente las harinas no están enriquecidas, por lo que no es comparable con las harinas evaluadas en este estudio que son refinadas, enriquecidas y contienen leudantes, el porcentaje de estos ingredientes y el nivel de refinación serían lo que explicaría la baja determinación de la capacidad antioxidante por este método extractable.

Capacidad antioxidante por el ensayo DPPH Quencher

La capacidad antioxidante por el método directo DPPH-Quencher fueron expuestas en la tabla 9, los valores van en un rango de 45.75 a 155.18 uMol DPPH/100 g con un valor medio de 117.40 ± 30.28 uMol DPPH/100 g de harina, las harinas de Mercedes, Don Lucho y el Molino tienen mayor valor y no presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) entre ellos, un segundo grupo lo conforman las muestras de Doña Vera, Blanca Flor, Don Lucciano, La Italiana, Gran Panadero, Inka y Don Bitute, las muestras la Panera, Anita y Del cielo fueron las que expusieron menor valor de capacidad antioxidante por este método, estos valores en comparación con el método extractable es 4.17 a 7.36 veces, esto debido a que en esta metodología no depende de la extracción y las partes soluble e insolubles de la harina están expuestas directamente con el reactivo DPPH, así se tiene que Condezo-Hoyos et al. (2015) valoró a muestras de trigo reportando un valor de 194.20 ± 6.72 uMol DPPH/g de muestra, y Serpen et al. (2012) reportaron para muestras de trigo valor de 6.60 ± 0.20 uMol ET/g ambos empleando el método DPPH-Quencher, lo que nos da una idea que las harinas evaluadas tienen una baja actividad antioxidante aunque no es una comparación real ya que los

reportes son para muestras de trigo y son diferentes que las harinas refinadas, enriquecidas y que contienen leudantes como ingredientes que están en las muestras estudiadas en esta investigación.

Capacidad antioxidante por el ensayo ABTS+ Quencher

En la tabla 11 se muestran los resultados del método directo ABTS+-QUENCHER en la capacidad antioxidante de las muestras de harina, los valores más altos corresponden a las muestras de Doña Vera, Inca y La Italiana con 853.50 a 801.70 $\mu\text{Mol ET}/100\text{ g}$ las tres no presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), la otras muestras forman un grupo cuyos valores van de la harina Del cielo con 636.46 hasta la harina la panera con 753.00 $\mu\text{Mol ET}/100\text{ g}$, esta metodología directa que no depende de la extracción fue de 5.75 a 9.95 veces más en comparación con el ABTS+ extractable, al respecto Laus et al. (2015) explica que las partículas de harina exponen sus compuestos fenólicos no extraíble frente al reactivo por lo que mejora su medición frente al método tradicional, y en la evaluación de diferentes muestras de trigo encontró valores por el método Quencher que van de 25.6 a 45.8 $\mu\text{mol ET}/\text{g}$ siendo muy superiores a las muestras de harina refinada evaluadas, así mismo Di Benedetto et al. (2015) evaluó el efecto de partícula en muestras de trigo y reporto valores que van de 20.30 ± 0.2 a 38.30 ± 0.9 $\mu\text{mol ET}/\text{g}$ siendo factible que a menor tamaño de partícula se obtiene mejores valores de capacidad antioxidante con el método directo Quencher.

Para responder si la capacidad antioxidante de las harinas comerciales es igual entre ellas, los resultados obtenidos por ambos métodos indican que hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras, los que indicaría que hay harinas con diferentes grados de refinación, contenido de leudantes y niveles de enriquecimiento, así mismo se puede indicar que las harinas evaluadas tiene bajo contenido de compuestos fenólicos extractables, por lo que la evaluación directa Quencher lo supera en ambos métodos lo que da sentido a lo expuesto por Laus et al. (2015) donde explica que cada matriz alimentaria experimenta de modo diferente con el reactivo debido a los compuestos fenólicos que algunos tienen poca o mayor relevancia en la capacidad de secuestro del radical antioxidante. Por otro lado, el método Quencher queda demostrado que es más sencillo y rápido a diferencia del método extractable, y se estaría determinando la capacidad antioxidante total del alimento evaluado.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La capacidad antioxidante de las muestras de harinas de trigo comercializadas en el Perú expone valores en el método DPPH extractable que van de 10.96 a 29.07 uMol DPPH/100 g de harina en el orden siguiente; Blanca flor>Las Mercedes>Don lucho>Gran panadero>Don lucciano>Doña vera>El molino>Inca>La panera>Don Bitute>La italiana>Anita>Del cielo.

La capacidad antioxidante de las muestras de harinas de trigo comercializadas que fueron evaluadas por el método directo DPPH-Quencher dio valores en un rango de 45.75 a 155.18 uMol DPPH/100 de harina en el orden siguiente; Las Mercedes>Don lucho>El molino>Doña vera>Blanca flor>Don Lucciano>La italiana>Gran panadero>Inca>Don Bitute>La panera>Anita>Del cielo.

La capacidad antioxidante por el método ABTS+ extractable en las muestras de harinas de trigo dieron valores que van de 71.12 a 138.89 uMol Equiv. Trolox/100 g de harina en el orden siguiente; Inca>Doña vera>Don bitute>Don lucho>Blanca flor>Anita>Gran panadero>Del cielo>Don Lucciano>La panera>Las Mercedes>La italiana>El molino.

La capacidad antioxidante de las muestras de harinas de trigo evaluadas por el método ABTS+ Quencher reporto valores que van de 636.46 a 853.50 uMol Equiv. Trolox/100 g de harina en el orden siguiente; Doña vera>Inca>La italiana>La panera>Don lucho>El molino>Don lucciano>Anita>Don bitute>Blanca flor>Las Mercedes>Gran panadero>Del cielo.

La capacidad antioxidante de las harinas de trigo comerciales muestra diferencias entre sí, incluso entre métodos y exponen que el método directo Quencher supera a la metodología extractable en 4.17 a 7.36 veces para el caso DPPH y de 5.75 a 9.95 veces más en el ensayo ABTS+, por lo que se puede considerar como la capacidad antioxidante total de las harinas evaluadas.

6.2. Recomendaciones

Realizar investigación de cómo afecta la adición de los elementos fortificantes en la harina de trigo comercial en la evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos.

Realizar investigación de cómo afecta la adición de compuestos leudantes en las harinas de trigo preparadas en la evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos.

Evaluar otros métodos de extracción empleando técnicas como ultrasonido, microondas u otras y medir su eficiencia con la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos, flavonoides y/o carotenoides.

Evaluar otros métodos de medición extractable de la capacidad antioxidante como el caso de los ensayos FRAP, ORAC, PCL, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abderrahim, F., Arribas, S., Gonzalez, M., & Condezo-Hoyos, L. (2013). Rapid high-throughput assay to assess scavenging capacity index using DPPH. *Food Chemistry*, 141(2), 788-794. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.04.055
- Ale, E. (2019). *Análisis de la industria de harina de trigo en el Perú*. (Trabajo de Investigación para optar por el grado de Bachiller en Administración con menciónen Dirección de Empresas), Universidad ESAN, Lima, Perú.
- ALIM, A. (2018). Situación de la Industria Molinera en Latinoamérica. [https://app-programa.eventv.cl/wp-content/uploads/2018/07/2- Presentacion-Alejandro-Daly-ALIM-Pue-rto-Varas-Chile-Noviembre-2018.pdf](https://app-programa.eventv.cl/wp-content/uploads/2018/07/2-Presentacion-Alejandro-Daly-ALIM-Pue-rto-Varas-Chile-Noviembre-2018.pdf)
- Anticona, A. (2017). *Comparación físico-química y reológica de harinas: Trigo (*Triticum aestivum*), Centeno (*Secale cereale*) y Triticale (*x Triticosecale*) en elaboración de pan*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Artica, L. (2014). *Caracterización de harina extruida de linaza (*Linum usitatissimum* L.) y la evaluación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante*. (Tesis para optar el Grado Académico de Magíster en Bromatología), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Badarinath, A., RAO, K., Chetty, C., Ramkanth, V., Rajan, T. & K., G.(2010). A review on in-vitro antioxidant methods: comparisons, correlations and considerations. *International Journal of PharmTech Research*, 2(2), 1276–1285.
- Becerra, E. & Tuñoque, Y. (2018). *Influencia de la variedad de trigo (*Triticum aestivum*) sobre la calidad panadera de la harina producida en la empresa Alimenta Perú S.A.C*. (Tesis para optar el título de ingeniero en Industrias Alimentarias), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Chambi, E. (2015). *Determinación de hierro y metales pesados en harinas fortificadas para evaluar su calidad e inocuidad*. (Tesis de Grado para obtener el Título de Licenciatura), Universidad Mayor De San Andrés, La Paz – Bolivia.

- Coaguila, V. (2018). *Evaluación del proceso operacional de la planta de Molino Victoria*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Químico), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Codex-Alimentarius. (2007). Norma del Codex para la harina de trigo. *Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales* (Primera Edición ed., pp. 31 - 35). Roma: FAO.
- Comercio, E. (2019). Producción de industria del trigo crecería ligeramente este 2019, prevé Scotiabank. <https://elcomercio.pe/economia/peru/produccion-industria-trigo-creceria-ligeramente-2019-preve-scotiabank-noticia-nndc-632959-noticia/?ref=ecr>.
- Cömert, E. & Gökmen, V. (2017). Antioxidants Bound to an Insoluble Food Matrix: Their Analysis, Regeneration Behavior, and Physiological Importance. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 382-399. doi:10.1111/1541-4337.12263
- Cömert, E. & Gökmen, V. (2018). Evolution of food antioxidants as a core topic of food science for a century. *Food Research International*, 105, 76-93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.056>
- Condezo-Hoyos, L., Abderrahim, F., Arriba, S. & Gonzalez, M. (2015). A novel, micro, rapid and direct assay to assess total antioxidant capacity of solid foods. *Talanta*, 138, 108-116. doi: 10.1016/j.talanta.2015.01.043
- Cutipa, W. (2014). *Efecto de la adición de harina de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) en sustitución parcial de harina de trigo (triticum aestivum) en la elaboración del pan*. (Tesis para para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial), Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Di Benedetto, N., Alfaraño, M., Laus, M., Caporizzi, R., Soccio, M., Robbe, C., Pastore, D. (2015). Antioxidant Capacity of Durum Wheat Large Flour Particles May Be Evaluated by QUENCHERABTS Assay by Adopting a Proper Calculation Mode. *Cereal Research Communications*, 43(4), 682-691. doi:10.1556/0806.43.2015.027

- Dontha, S. (2016). A review on antioxidant methods. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(Suppl 2), 14-32. doi:10.22159/ajpcr.2016.v9s2.13092
- Finnie, S., & Atwell, A. (2016). *Wheat Flour*: AACC International Press.
- Henrion, M., Servaes, M., Thielecke, F. & Fogliano, V. (2017). Application of the QUENCHER methodology to the food industry. *Food Chemistry*, 240, 951-958. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.119>
- Huayhuas, R. (2017). *Verificación de los niveles de concentración de hierro en la harina de trigo fortificada*. (Tesis para obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico), Universidad Alas Peruanas, Lima, Perú
- Hung, P., Maeda, T., Miyatake, K. & Morita, N. (2009). Total phenolic compounds and antioxidant capacity of wheat graded flours by polishing method. *Food Research International*, 42(1), 185-190. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.10.005>
- Inglett, G. Chen, D., Berhow, M., & Lee, S. (2011). Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions. *Food Chemistry*, 125(3), 923-929. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.076>
- Laus, M., Di Benedetto, N., Caporizzi, R., Tozzi, D., Soccio, M., Giuzio, L., Pastore, D. (2015). Evaluation of Phenolic Antioxidant Capacity in Grains of Modern and Old Durum Wheat Genotypes by the Novel QUENCHERABTS Approach. *Plant Foods Hum Nutr*, 70(2), 207-214. doi:10.1007/s11130-015-0483-8
- Legua, C. & Ramírez, G. (2018). *Informe del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición-CENAN*. Retrieved from Lima, Perú:
- Legua, C. & Ramírez, G. (2020). *Informe del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición-CENAN*. Retrieved from Lima, Perú:
- Loayza, R. (2014). *Comportamiento agronómico y calidad comercial de tres cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), bajo las condiciones de valle costero*. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo), Universidad

Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

- López, D. (2016). *Bioaccesibilidad, cambios en potencial antioxidante y estabilidad de los compuestos bioactivos presentes en dos extractos ricos en fibra sometidos a un proceso de digestión In vitro*. Universidad Miguel Hernández de Elche, Alicante, España.
- Ly, J., Yu, L., Lu, Y., Niu, Y., Liu, L., Costa, J. & Yu, L. (2012). Phytochemical compositions, and antioxidant properties, and antiproliferative activities of wheat flour. *Food Chemistry*, 135(2), 325-331. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.04.141
- MINAGRI. (2015). Ficha Técnica N°4 Requerimientos agroclimáticos del cultivo de trigo(p. 2). Lima, Perú.
- MINAGRI. (2019). *Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2019*. Lima, Perú: Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias.
- Moharram, H. & Youssef, M. (2014). Methods for Determining the Antioxidant Activity: A Review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 31-42.
- Niki, E. (2010). Assessment of Antioxidant Capacity in vitro and in vivo. *Free Radical Biology and Medicine*, 49(4), 503-515. doi: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2010.04.016>
- Produccionagricolamundial.com. (2020). Producción Mundial de Trigo 2020/2021. <http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/trigo.aspx>
- Quispe, Y. (2012). *Determinación del nivel de sustitución de harina de trigo comercial por harina de trigo (Triticum aestivum ssp) INIA – 418 “El Nazareno” para elaboración de panes francés y para hamburguesa*. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias), Universidad Nacional de SanCristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Ranjbar, A., Heshmati, A., Momtaz, J. & Vahidinia, A. (2019). Effect of iron- enrichment on the antioxidant properties of wheat flour and bread. *Journal of Cereal Science*, 87, 98-102.

- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, 26(9-10), 1231-1237.
- Reque, J. (2007). *Estudio de pre-factibilidad para la fabricación de harina de arroz y su utilización en panificación*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Reyes, M., Gómez-Sánchez, I., Espinoza, C., Bravo, F. & Ganoza, L. (2009). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos* (8 ed.). Lima: Instituto Nacional de Salud
- Samotyja, U., Małecka, M. & Sielicka, M. (2016). Direct measurement of antiradical capacity of oilseed cakes by DPPH assay using the quencher approach. *Towaroznawcze Problemy Jakości*, 4(49), 65-72. doi:10.19202/j.cs.2016.04.06
- Santamaría, J., Rodas, E., Casimiro, M., Paredes, J., Mendieta, J. & Sihuas, A. (2020). *Boletín Estadístico Mensual "El Agro en Cifras"- Diciembre 2019*. Sistema Integrado de Estadística Agraria: <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-2019>
- Sedej, I., Sakač, M., Mišan, A. & Mandić, A. (2010). Antioxidant activity of wheat and buckwheat flours. *87(5)*, 387 - 392. doi:10.2298/ZMSPN1018059S
- Serpen, A., Gökmen, V. & Fogliano, V. (2012). Solvent effects on total antioxidant capacity of foods measured by direct QUENCHER procedure. *Journal of Food Composition and Analysis*, 26(1), 52-57. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.02.005>
- Shahidi, F. & Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of functional foods*, v. 18, pp. 757-781-2015 v.2018. doi: 10.1016/j.jff.2015.01.047
- Shivakumar, A. & Kumar, M. (2018). Critical Review on the Analytical Mechanistic Steps in the Evaluation of Antioxidant Activity. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 48(3), 214-236. doi: 10.1080/10408347.2017.1400423

- Uthayakumaran, S. & Wrigley, C. (2017). Wheat: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. In C. Wrigley, I. Batey, & D. Miskelly (Eds.), *Cereal Grains (Second Edition)* (pp. 91-134): Woodhead Publishing.
- Vargas, J. (2016). *Valoración del producto tradicional “siete harinas” como fuente de antioxidantes y compuestos fenólicos*. (Tesis para optar el Título de Bioquímico Farmacéutico), Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.
- Vásquez, G. & Matos, A. (2009). Evaluación de Algunas Características Físicoquímicas de Harina de Trigo Peruano en Función a su Calidad Panadera. *Revista de Investigación Universitaria*, 1(1), 18 -24.
- Wang, J., Chatzidimitriou, E., Wood, L., Hasanalieva, G., Markellou, E., Iversen, P. O., Rempelos, L. (2020). Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white) on composition of wheat flour – Results of a retail survey in the UK and Germany – 2. Antioxidant activity, and phenolic and mineral content. *Food Chemistry: X*, 6, 100091. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100091>
- Wieser, H., Koehler, P. & Scherf, K. A. (2020). Botanical features of wheat. In H. Wieser, P. Koehler, & K. A. Scherf (Eds.), *Wheat - An Exceptional Crop* (pp. 1-12): Woodhead Publishing.
- Yu, L., Haley, S., Perret, J. & Harris, M. (2004). Comparison of wheat flours grown at different locations for their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 86(1), 11-16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.037>
- Yu, L., Nanguet, A., & Beta, T. (2013). Comparison of Antioxidant Properties of Refined and Whole Wheat Flour and Bread. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 2(4), 370-383. doi:10.3390/antiox2040370
- Zavala, O. (2019). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en las propiedades físicoquímicas y sensoriales de cupcakes*. Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo 1

MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ANTIOXIDANTES

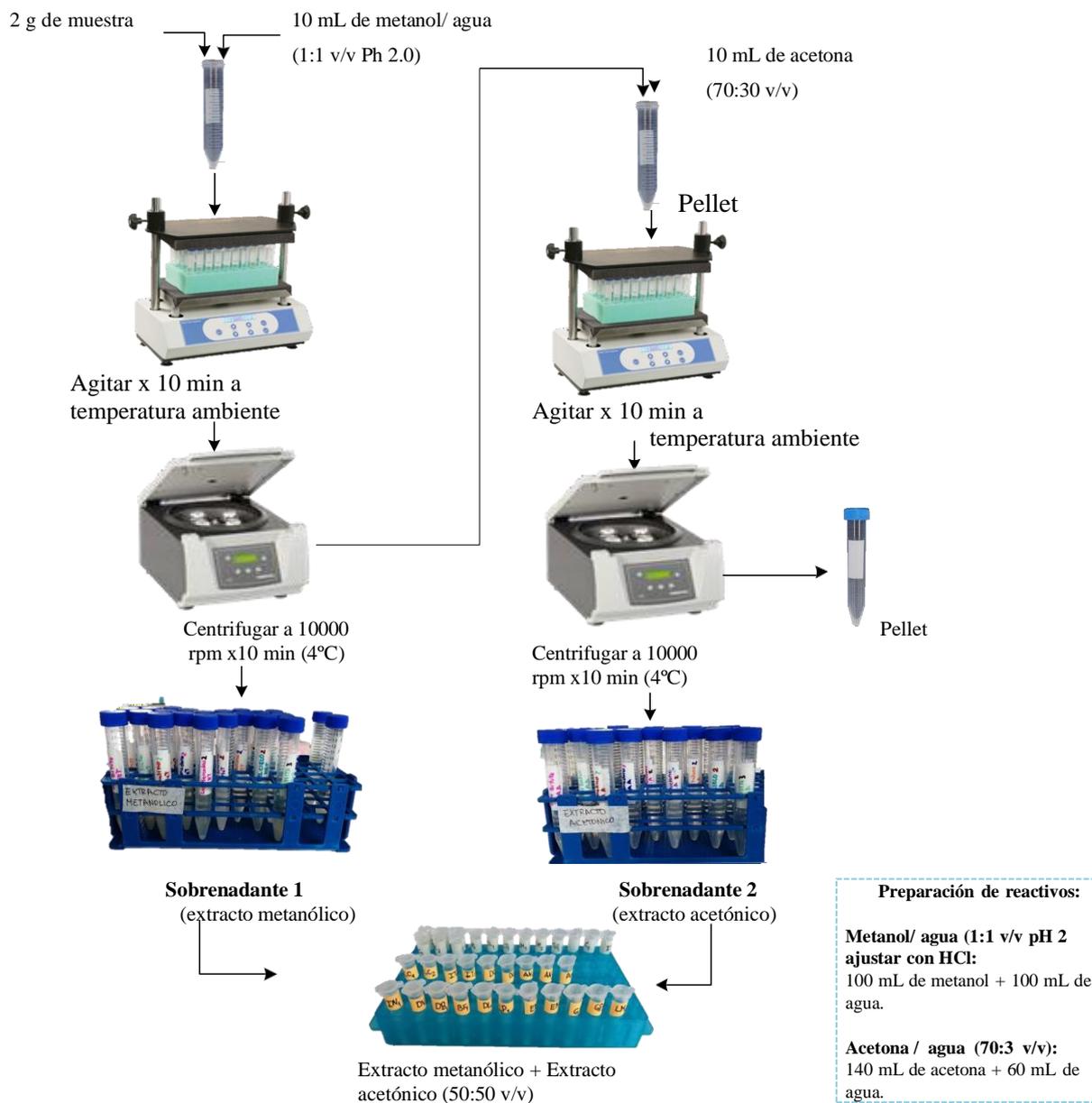
UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN - HUACHO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MODALIDAD FOCAM:



FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

Método de extracción de antioxidantes



Referencias

- Abderrahim F, Estrella S, Susín C, Arribas SM, Gonzáles MC, Condezo-Hoyos L. *J Med Food*. 2011 May; 14(5):517-27
- Sara Arranz, Fulgencio Saura Calixto. *Journal of Cereal Science*, Volume 51, issue 3, May 2010, Pages 313-318.

Anexo 2

MÉTODO DE DPPH

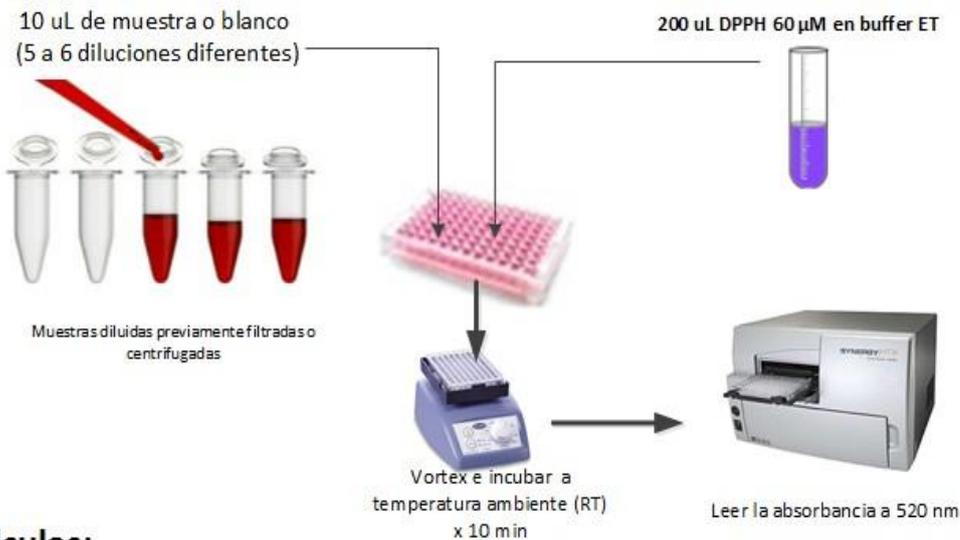


UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN - HUACHO

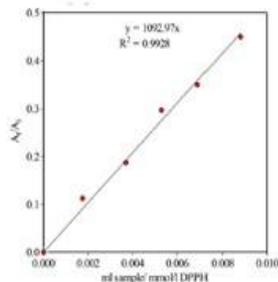
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MODALIDAD FOCAM:

FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

Protocolo Capacidad Antioxidante – SCI



Cálculos:



Eje X= concentración (dilución) muestras
Eje Y= porcentaje de inhibición
Control= 10 uL Buffer ET + 200 uL DPPH 60 μ M

Pendiente = SCI (ICI)
ICI=Índice de Capacidad de Inhibición (mMol DPPH/ml muestra)

Preparación de reactivos

Buffer Tris-HCl (10 mM pH = 7.5):

W g Tris base = 0.0303 g ---- disolver en 20 mL de agua --- ajustar el pH a 7.5 con HCl --- ajustar el volumen a 25 mL en una fiola

Buffer ET: Mezclar buffer Tris-HCl (10 mM pH = 7.5) con Etanol (1:1 v/v)

DPPH stock 10 mM: 0.0039 g ---- disolver en etanol --- ajustar el volumen a 1 mL en una fiola

60 μ L DPPH stock



Ajustar el volumen a 10 mL con buffer ET en una fiola aforada

DPPH 60 μ M

Referencia

Fatima Abderrahim, Silvia M. Arribas, M. Carmen Gonzalez, Luis Condezo-Hoyos. Food Chemistry, Volume 141, Issue 2, 15 November 2013, Pages 788-794

Anexo 3 MÉTODO DE ABTS



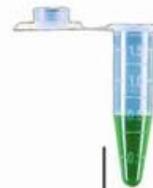
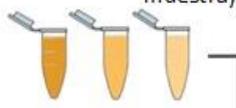
UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN - HUACHO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MODALIDAD FOCAM:

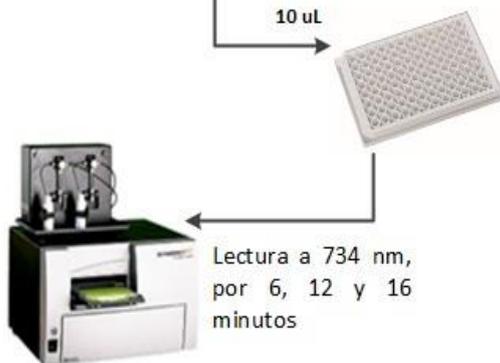
FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

Capacidad Antioxidante; Método ABTS+

10 uL de muestra o 10 uL de Estandar Trolox o blanco
(Para IC50 hacer 6 diluciones de muestra)



100 uL ABTS+ (Solución de trabajo), por inyector o micropipeta de 8 canales automática)



Lectura a 734 nm, por 6, 12 y 16 minutos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	CTL1	CTL1	CTL1	SPL1	SPL1	SPL1	SPL9	SPL9	SPL8	SPL17	SPL17	SPL17
B	STD1 7.8125	STD1 7.8125	STD1 7.8125	SPL2	SPL2	SPL2	SPL10	SPL10	SPL9	SPL18	SPL18	SPL18
C	STD2 15.625	STD2 15.625	STD2 15.625	SPL3	SPL3	SPL3	SPL11	SPL11	SPL10	SPL19	SPL19	SPL19
D	STD3 31.25	STD3 31.25	STD3 31.25	SPL4	SPL4	SPL4	SPL12	SPL12	SPL11	SPL20	SPL20	SPL20
E	STD4 62.5	STD4 62.5	STD4 62.5	SPL5	SPL5	SPL5	SPL13	SPL13	SPL12	SPL21	SPL21	SPL21
F	STD5 125	STD5 125	STD5 125	SPL6	SPL6	SPL6	SPL14	SPL14	SPL13	SPL22	SPL22	SPL22
G	STD6 250	STD6 250	STD6 250	SPL7	SPL7	SPL7	SPL15	SPL15	SPL14	SPL23	SPL23	SPL23
H	STD7 500	STD7 500	STD7 500	SPL8	SPL8	SPL8	SPL16	SPL16	SPL16	CTL1	CTL1	CTL1

Preparación de reactivos

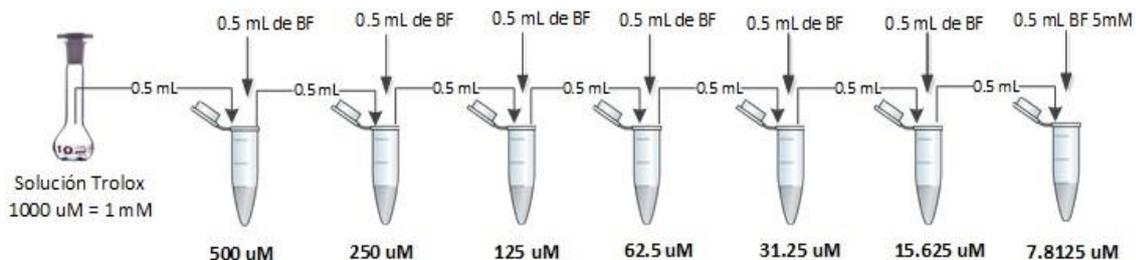
Buffer Fosfato 5 mM = 5 mL BF 1M y aforar en una fiola de 1000 mL con agua UP (o 1 mL BF 75 uM mezclar con 14 mL de agua ultra pura)

Preparación radical ABTS* (Stock) = Para 5 mL, Pesar 0.0192 g de ABTS, pesar 0.0033 g de persulfato pototásico y agregar aguaUP en una fiola de 5 mL, mantener oscuridad a TR por 16 horas, extraer alicuotas de 1 mL o 500 uL para conservar a Ultracongelación

Preparación Solución de Trabajo ABTS* = Para una placa preparar 12 mL a 15 mL, tomar 540 uL de ABTS* STOCK y mezclar con 12 mL de BF a 5 mM (o 675 uL de ABTS STOCK mas 15 mL de Buffer Fosfato a 5 mM), proteger de la Luz

Dilución seriada: Curva estándar del Trolox

Pesar 0.0005 g Trolox y disolver con BF 5 mM (o Metanol) en una fiola de 2 mL se obtiene Trolox a 1000 uM (0.0025g Trolox para 10 mL)



REFERENCIA:

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 26, 1231-1237. doi:10.1016/S0891-5849(98)00315-3

Anexo 4

MÉTODO DE QUENCHER DPPH

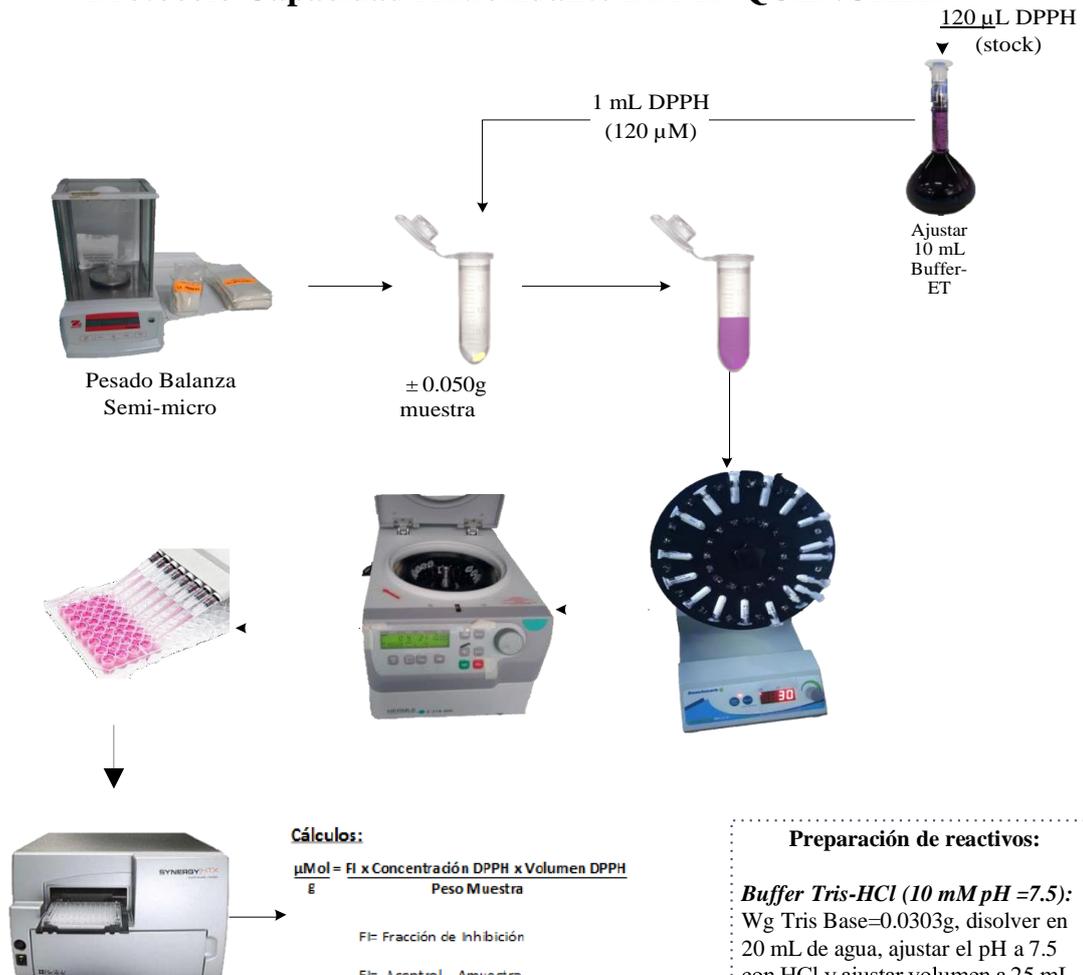


UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN - HUACHO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MODALIDAD FOAM:

FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

Protocolo Capacidad Antioxidante DPPH -QUENCHER



Referencia

Condezo-Hoyos L. A., Abderrahim F., Arriba S. M., González M.C. (2015). A novel, micro, rapid and direct assay to assess total antioxidant capacity of solid foods. *Talanta* 138 (2015)108–116. Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2015.01.043>

Anexo 5

MÉTODO DE QUENCHER ABTS

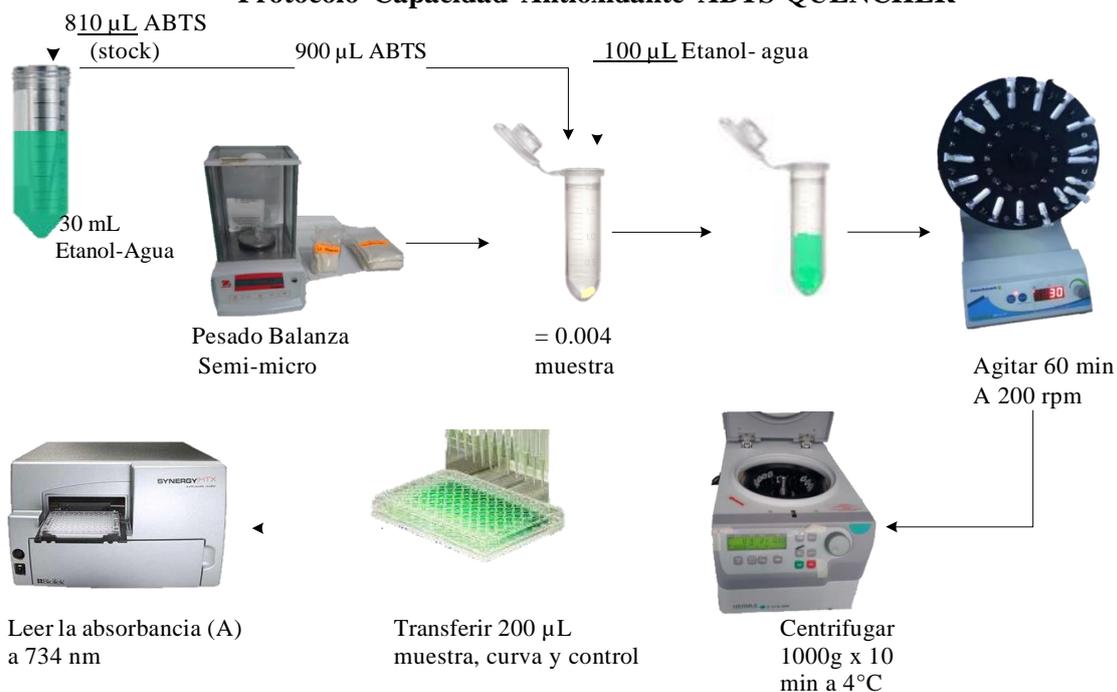


UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN - HUACHO

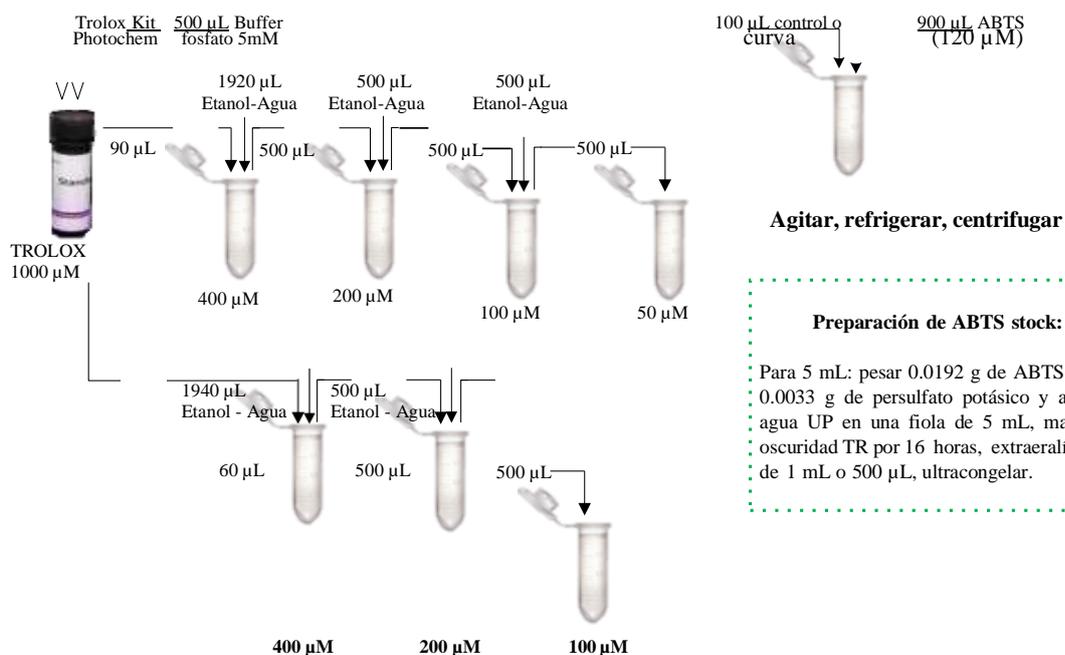
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MODALIDAD FOCAM:

FORMULACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A BASE DE FRUTAS Y VERDURAS

Protocolo Capacidad Antioxidante ABTS-QUENCHER



Dilución seriada: Curva estándar Trolox



Anexo 6

ANOVA de un solo factor: DPPH-Extractable vs. Harina

* NOTA * No es posible dibujar la gráfica de intervalo para el procedimiento de Tukey. Las gráficas de intervalo para las comparaciones son ilegibles con más de 45 intervalos.

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Harina	13	Anita, Blanca flor, Del cielo, Don bitute, Don lucciano, Don lucho, Doña vera, El molino, Gran panadero, Inca, La italiana, La panera, Las Mercedes

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Harina	12	1233.94	102.828	50.11	0.000
Error	26	53.35	2.052		
Total	38	1287.29			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.43246	95.86%	93.94%	90.68%

Medias

Harina	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Anita	3	14.279	0.840	(12.579, 15.979)
Blanca flor	3	29.07	1.86	(27.37, 30.77)
Del cielo	3	10.963	0.541	(9.263, 12.663)
Don bitute	3	18.865	1.012	(17.165, 20.565)
Don lucciano	3	26.786	1.381	(25.086, 28.486)
Don lucho	3	27.58	2.57	(25.88, 29.28)
Doña vera	3	25.648	0.654	(23.948, 27.348)
El molino	3	24.173	1.510	(22.473, 25.873)
Gran panadero	3	26.88	2.11	(25.18, 28.58)
Inca	3	22.167	1.123	(20.467, 23.867)
La italiana	3	16.285	1.415	(14.585, 17.985)
La panera	3	19.272	0.844	(17.572, 20.972)
Las Mercedes	3	27.933	1.240	(26.233, 29.633)

Desv.Est. agrupada = 1.43246

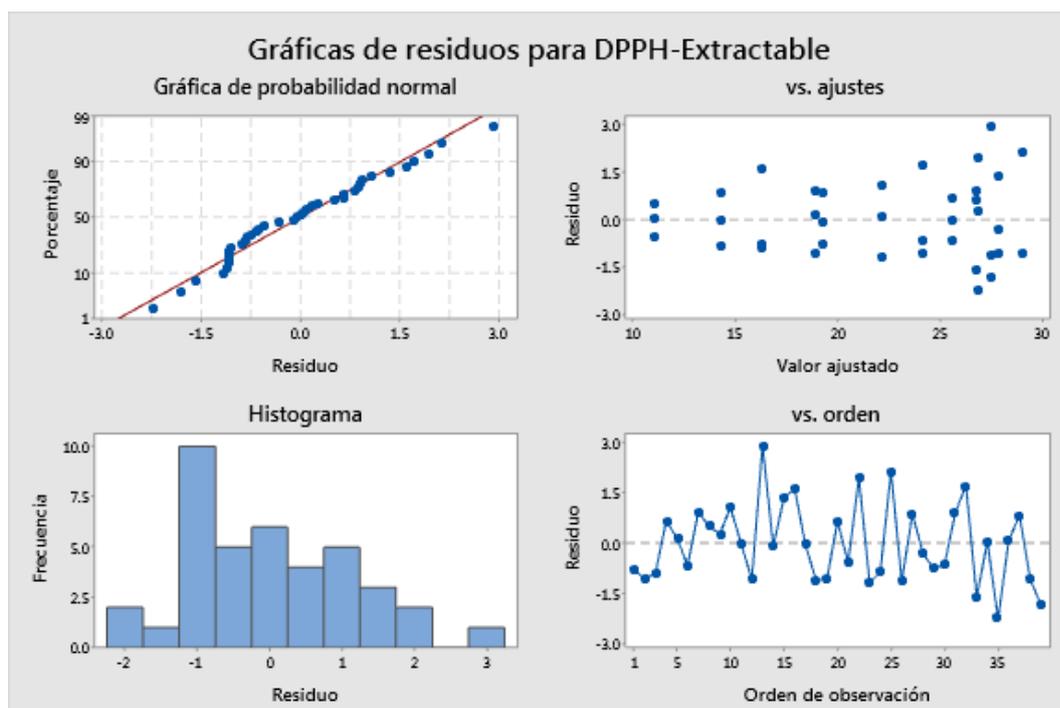
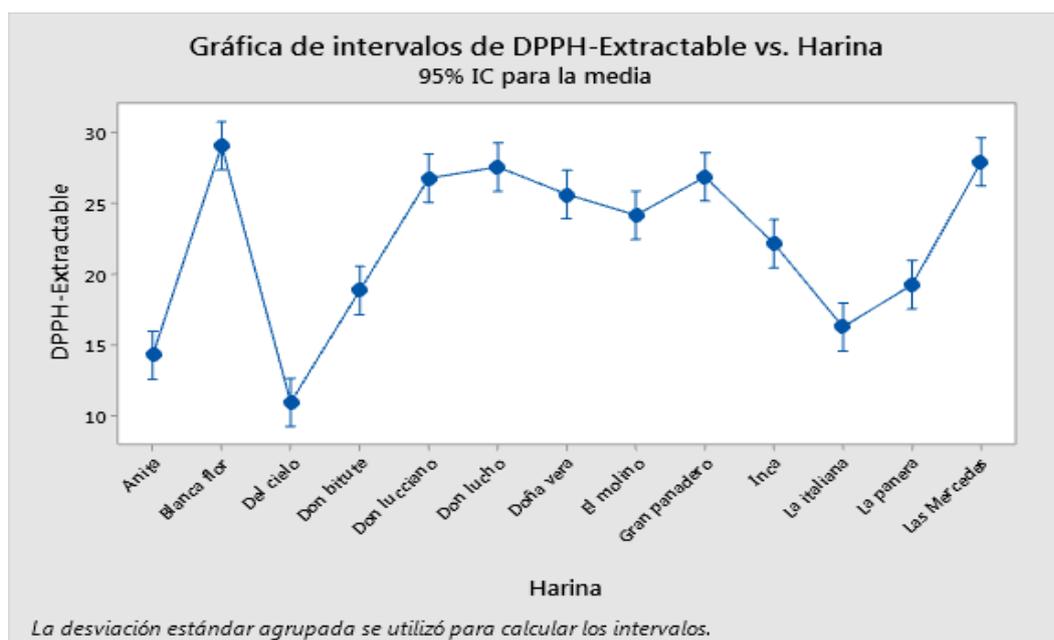
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Harina	N	Media	Agrupación
Blanca flor	3	29.07	A
Las Mercedes	3	27.933	A B
Don lucho	3	27.58	A B

Gran panadero	3	26.88	A	B
Don lucciano	3	26.786	A	B
Doña vera	3	25.648	A	B C
El molino	3	24.173	B	C
Inca	3	22.167	C	D
La panera	3	19.272	D	E
Don bitute	3	18.865	D	E
La italiana	3	16.285	E	F
Anita	3	14.279	F	G
Del cielo	3	10.963		G

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 7

ANOVA de un solo factor: DPPH-Quencher vs. Harina

* NOTA * No es posible dibujar la gráfica de intervalo para el procedimiento de Tukey. Las gráficas de intervalo para las comparaciones son ilegibles con más de 45 intervalos.

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Harina	13	Anita, Blanca flor, Del cielo, Don bitute, Don lucciano, Don lucho, Doña vera, El molino, Gran panadero, Inca, La italiana, La panera, Las Mercedes

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Harina	12	33006	2750.47	61.08	0.000
Error	26	1171	45.03		
Total	38	34176			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
6.71039	96.57%	94.99%	92.29%

Medias

Harina	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Anita	3	81.21	8.59	(73.24, 89.17)
Blanca flor	3	128.92	6.74	(120.96, 136.88)
Del cielo	3	45.75	2.75	(37.79, 53.72)
Don bitute	3	110.58	7.55	(102.62, 118.54)
Don lucciano	3	125.24	4.49	(117.28, 133.20)
Don lucho	3	151.99	9.54	(144.03, 159.96)
Doña vera	3	131.27	7.99	(123.30, 139.23)
El molino	3	148.47	7.08	(140.51, 156.43)
Gran panadero	3	119.59	4.72	(111.63, 127.56)
Inca	3	113.30	2.75	(105.33, 121.26)
La italiana	3	119.84	7.88	(111.88, 127.81)
La panera	3	94.84	3.88	(86.88, 102.81)
Las Mercedes	3	155.18	8.34	(147.21, 163.14)

Desv.Est. agrupada = 6.71039

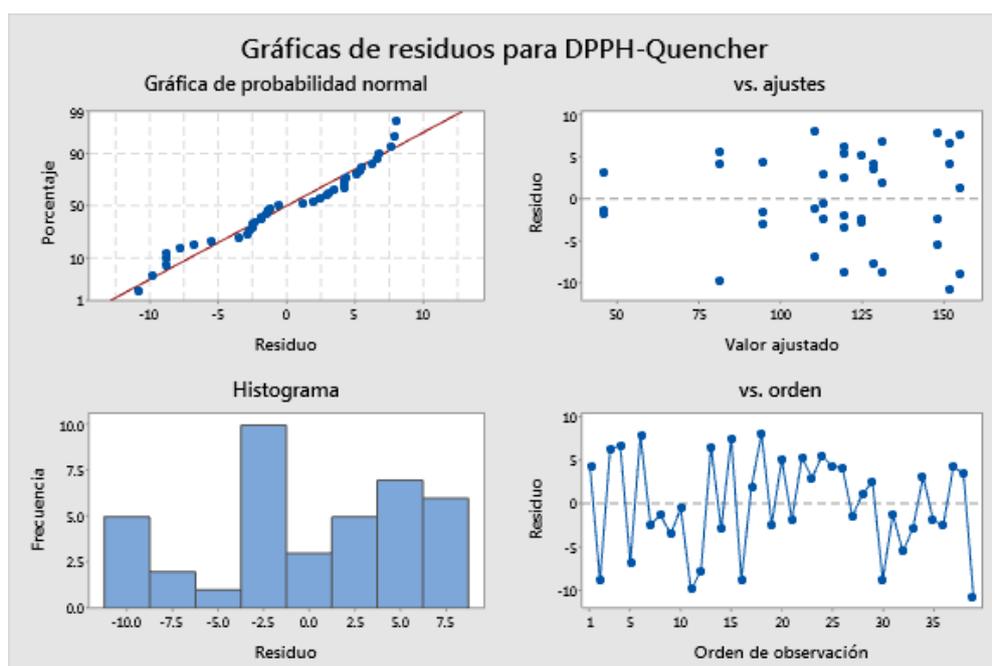
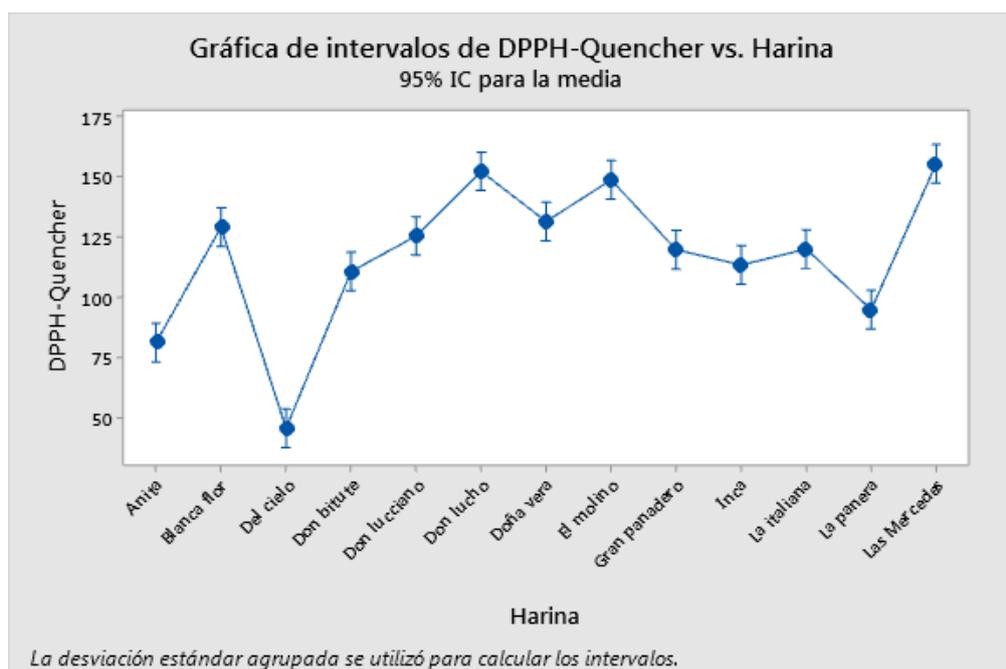
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Harina	N	Media	Agrupación
Las Mercedes	3	155.18	A
Don lucho	3	151.99	A
El molino	3	148.47	A B

Doña vera	3	131.27	B C
Blanca flor	3	128.92	B C D
Don lucciano	3	125.24	C D
La italiana	3	119.84	C D
Gran panadero	3	119.59	C D
Inca	3	113.30	C D E
Don bitute	3	110.58	D E
La panera	3	94.84	E F
Anita	3	81.21	F
Del cielo	3	45.75	G

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 8

ANOVA de un solo factor: ABTS-Extractable vs. Harina

* NOTA * No es posible dibujar la gráfica de intervalo para el procedimiento de Tukey. Las gráficas de intervalo para las comparaciones son ilegibles con más de 45 intervalos.

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Harina	13	Anita, Blanca flor, Del cielo, Don bitute, Don lucciano, Don lucho, Doña vera, El molino, Gran panadero, Inca, La italiana, La panera, Las Mercedes

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Harina	12	12297.5	1024.79	36.30	0.000
Error	26	733.9	28.23		
Total	38	13031.4			

Resumen del modelo

S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
5.31296	94.37%	87.33%

Medias

Harina	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Anita	3	111.83	4.91	(105.52, 118.13)
Blanca flor	3	112.54	3.39	(106.24, 118.85)
Del cielo	3	109.92	6.83	(103.61, 116.23)
Don bitute	3	116.812	1.232	(110.506, 123.117)
Don lucciano	3	107.61	3.15	(101.30, 113.92)
Don lucho	3	113.21	10.19	(106.90, 119.51)
Doña vera	3	134.25	2.36	(127.95, 140.56)
El molino	3	71.12	5.29	(64.81, 77.42)
Gran panadero	3	110.61	5.01	(104.31, 116.92)
Inca	3	138.89	7.34	(132.59, 145.20)
La italiana	3	80.54	4.52	(74.23, 86.84)
La panera	3	99.929	1.277	(93.623, 106.234)
Las Mercedes	3	96.80	5.91	(90.50, 103.11)

Desv.Est. agrupada = 5.31296

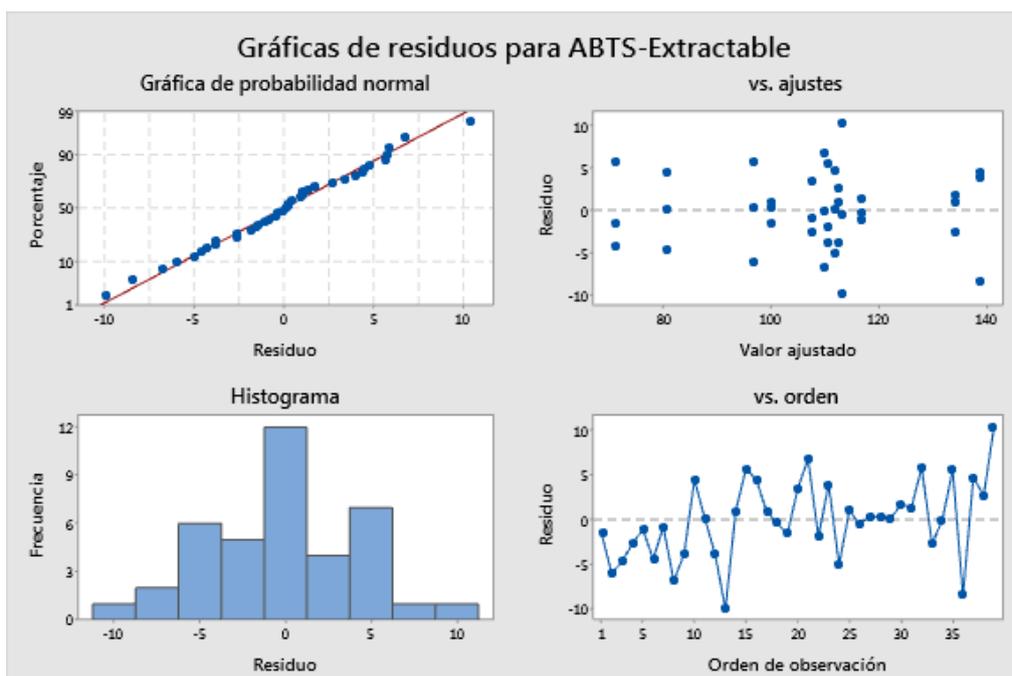
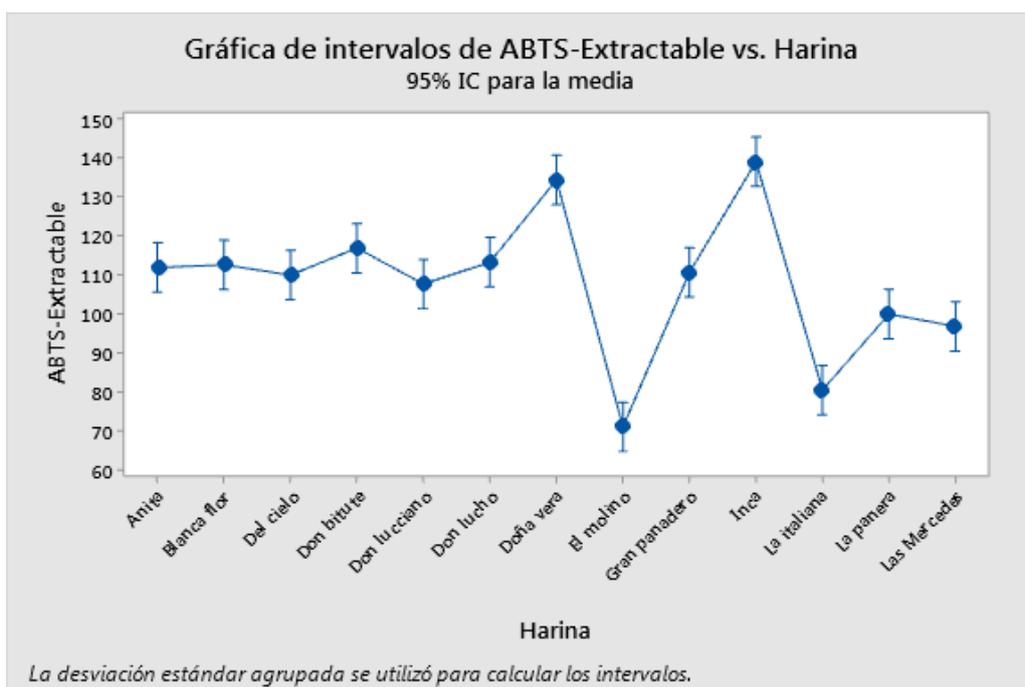
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Harina	N	Media	Agrupación
Inca	3	138.89	A
Doña vera	3	134.25	A
Don bitute	3	116.812	B

Don lucho	3	113.21	B	C	
Blanca flor	3	112.54	B	C	D
Anita	3	111.83	B	C	D
Gran panadero	3	110.61	B	C	D
Del cielo	3	109.92	B	C	D
Don lucciano	3	107.61	B	C	D
La panera	3	99.929	C	D	
Las Mercedes	3	96.80	D		
La italiana	3	80.54	E		
El molino	3	71.12	E		

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 9

ANOVA de un solo factor: ABTS-Quencher vs. Harina

* NOTA * No es posible dibujar la gráfica de intervalo para el procedimiento de Tukey. Las gráficas de intervalo para las comparaciones son ilegibles con más de 45 intervalos.

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Harina	13	Anita, Blanca flor, Del cielo, Don bitute, Don lucciano, Don lucho, Doña vera, El molino, Gran panadero, Inca, La italiana, La panera, Las Mercedes

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Harina	12	167867	13988.9	21.54	0.000
Error	26	16888	649.5		
Total	38	184755			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
25.4861	90.86%	86.64%	79.43%

Medias

Harina	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Anita	3	675.45	7.93	(645.20, 705.69)
Blanca flor	3	671.1	21.5	(640.9, 701.4)
Del cielo	3	636.46	13.45	(606.21, 666.71)
Don bitute	3	671.23	11.36	(640.98, 701.47)
Don lucciano	3	699.9	40.4	(669.6, 730.1)
Don lucho	3	711.96	6.22	(681.72, 742.21)
Doña vera	3	853.5	41.2	(823.2, 883.7)
El molino	3	700.4	28.8	(670.1, 730.6)
Gran panadero	3	668.1	19.5	(637.9, 698.4)
Inca	3	823.5	42.1	(793.3, 853.7)
La italiana	3	801.70	13.78	(771.45, 831.94)
La panera	3	753.0	30.2	(722.8, 783.3)
Las Mercedes	3	670.80	12.81	(640.55, 701.04)

Desv.Est. agrupada = 25.4861

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Harina	N	Media	Agrupación
Doña vera	3	853.5	A
Inca	3	823.5	A B
La italiana	3	801.70	A B

La panera	3	753.0	B	C
Don lucho	3	711.96	C	D
El molino	3	700.4	C	D
Don lucciano	3	699.9	C	D
Anita	3	675.45		D
Don bitute	3	671.23		D
Blanca flor	3	671.1		D
Las Mercedes	3	670.80		D
Gran panadero	3	668.1		D
Del cielo	3	636.46		D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

