

EFECTO DEL TIEMPO DE GERMINACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, REOLÓGICAS Y TECNOLÓGICAS DE LA HARINA DEL ARROZ INTEGRAL VARIEDAD INIAP 15, COSECHA VERANO

Janaína Madelein Sánchez García, Eliana Carmita Loayza Jaramillo, Fabiola Cornejo Z.
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
jamasanc@espol.edu.ec, elicaloa@espol.edu.ec, fcornejo@espol.edu.ec

Resumen

En el Ecuador el consumo de arroz integral es bajo a pesar de sus beneficios en nutrientes y antioxidantes naturales, según estudios se considera que mediante el proceso de germinación se producen cambios metabólicos y principalmente un incremento en el contenido de componentes bioactivos, como GABA y Oryzanol.

El proceso de germinación se llevó a cabo mediante la desinfección, enjuague, remojo e incubación de los granos a 28 ± 1 °C y 100% HR, durante 24, 48 y 72 h.

Los resultados obtenidos mostraron que la harina de arroz integral con 24 h de germinación posee mejores características de calidad. En cuanto a las características físicas presentó una temperatura inicial de gelatinización de 70 °C. Para las características reológicas mostró valores de número de caída de 243 seg, una viscosidad de 17.93 Cp y una consistencia de 18.50 cm/10 seg. Mientras que para las características tecnológicas se obtuvieron valores de claridad de los geles de 0.42 %T, índice de absorción de agua de 0.65 g gel/g muestra, poder de hinchamiento de 0.66 g gel/g muestra, y una solubilidad de 1.64%. Determinando así que esta harina es la más adecuada para usos industriales; tanto en productos de panadería, pastelería, alimentos para bebés, etc.

Palabras Claves: *Arroz integral, germinación, harina, características físicas, características reológicas, características tecnológicas.*

Abstract

In Ecuador rice consumption is low despite its benefits in nutrients and natural antioxidants, according to studies by considering that the germination process and metabolic changes occur primarily an increase in the content of bioactive compounds such as GABA and Oryzanol.

The germination process was carried out by disinfection, rinse, soak and incubation of the grains to 28 ± 1 °C and 100% HR, during 24, 48 and 72 h.

Results show that brown rice flour with 24 h of germination has the best quality characteristics. To the physical characteristics showed an initial temperature of gelatinization of 70 °C. To the rheological characteristics showed falling number values of 243 s, a viscosity of 17.93 Cp and a consistency of 18.50 cm/10 s. While for technological characteristics were obtained clarity of gels of 0.42 %T, water absorption index of 0.65 g gel / g sample, swelling power of 0.66 g gel / g sample, and a solubility of 1.64%. Determining that this flour is the most suitable for industrial uses; in bakery products, pastry, baby food, etc.

Keywords: *Brown rice, germination, flour, physical characteristics, rheological characteristics, technological characteristics.*

1. Introducción

Ecuador en los últimos años ha tenido un crecimiento en la producción de arroz siendo la región Costa la que más aporta, las principales provincias de mayor producción son Guayas y Los Ríos.

El arroz se utiliza como alimento desde la antigüedad. Más de la mitad de la población del mundo consume arroz como componente principal de la dieta. En la actualidad es importante el uso de alimentos ricos en fibras y que contribuyan al cuidado de la salud del consumidor.

Según estudios realizados el proceso de germinación de alimentos es una intensa actividad metabólica; en la cual se llevan a cabo reacciones enzimáticas hidrolizando el almidón, y de esta manera se producen cambios bioquímicos en la composición del grano. Para que se logre la germinación es necesario tomar en cuenta una serie de condiciones favorables tales como: la temperatura, humedad y oxígeno.

A pesar de que existen muchos estudios en los que se ha demostrado que el consumo de arroz germinado tiene buenos beneficios sobre la salud del consumidor, ciertamente no se ha visto una explotación de productos de arroz integral germinado a nivel industrial, esto puede ser debido a la falta de información en cuanto a características de calidad de estas harinas.

2. Materiales y Métodos

2.1 Materia prima

Para la ejecución de este proyecto se utilizó arroz paddy variedad INIAP 15, cosecha verano; proveniente del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP), estación Boliche en la provincia del Guayas, Ecuador. Estudios no publicados de Cáceres, 2012 (1) revelaron que en estas variedades de arroz se producía un incremento del contenido de GABA.

Para llevar a cabo el desarrollo del estudio se realiza un descascarillado sencillo de la semilla en la Bolsa de Producto para obtener arroz integral. Posteriormente, se germina el mismo, y por último las semillas son secadas y molidas hasta obtener harina.

2.2 Diseño experimental

Para el diseño del experimento se consideró como variable un solo factor que es el tiempo. Este factor

consta de 5 tratamientos que corresponden a cada etapa de germinación (Tabla 11).

TABLA 11
ETAPAS DE GERMINACIÓN

Tratamiento	Factor (Día)	Etapas
1	0	Arroz integral
2	1	Arroz integral remojado
3	2	Arroz integral con 24 h de germinación
4	3	Arroz integral con 48 h de germinación
5	4	Arroz integral con 72 h de germinación

Elaborado por: SÁNCHEZ G. JANAÍNA; LOAYZA J. ELIANA, 2012

De cada tratamiento se realizaron 2 réplicas, y cada una fue analizada por triplicado. De esta manera, se obtuvo en total 30 observaciones que fueron analizadas estadísticamente con el programa Statgraphics 16.

Las variables de respuesta analizadas en el experimento fueron las características físicas (temperatura inicial de gelatinización), reológicas (número de caída, viscosidad y consistencia) y tecnológicas (claridad de los geles, índice de absorción de agua, índice de solubilidad y poder de hinchamiento).

2.3 Método de germinación de arroz integral

El proceso de germinación inició con la desinfección del grano con una solución de hipoclorito de sodio al 0,1% por 30 minutos, posteriormente se enjuagó y se dejó en remojo con agua destilada en proporción 1:5 (arroz:solución), en una incubadora por 24 horas a 28 ± 1 °C. Luego los granos remojados se colocaron en una cama de germinación cubiertos con papel filtro, en una incubadora a 28 ± 1 °C y humedad relativa del 100%, durante 24, 48 y 72 horas.

2.4 Caracterización de la harina de arroz integral germinado

2.4.1 Caracterizaciones físicas

La temperatura inicial de gelatinización se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por Cañizares y col, 1993 (1).

El método de número de caída fue utilizado para determinar la actividad de α – amilasa, usando el

equipo Falling Number (modelo FN 1500 Fungal) (2).

La viscosidad fue determinada con el viscosímetro marca Brookfield (DV-II +Pro) de acuerdo a la metodología ISI 2002 (3).

La determinación de la consistencia se la realizó con el consistómetro de Bostwick de acuerdo a la metodología descrita en la Norma Mexicana NMX-F-322-S-1978 (4). Se reportó la consistencia como el recorrido en centímetros (cm) en el tiempo dado (10 seg).

La determinación de claridad de los geles se la realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Bello – Pérez, 1995 (1). Se la claridad de los geles como porcentaje de transmitancia (%T) el cual fue medido en un espectrofotómetro marca Perkin Elmer a una longitud de onda de 650 nm, empleando como blanco agua desionizada.

La determinación del índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento se la realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Crosbie et al. (5), 1991 y Anderson et al., 1969 (6) (método modificado). Los cálculos del índice de absorción de agua (IAA), solubilidad (ISA) y poder de hinchamiento (PH) se realizaron mediante las ecuaciones 1, 2 y 3 respectivamente.

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra (bs)}} \quad (1)$$

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles} \times V \times 10}{\text{Peso de la muestra (bs)}} \quad (2)$$

$$PH = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra (bs)} - \text{Peso de solubles}} \quad (3)$$

3. Resultados

3.1 Efecto de la germinación en las características físicas de la harina de arroz integral germinado

3.1.1. Temperatura inicial de gelatinización

Mediante la prueba de ANOVA se determinó que existe una relación estadísticamente significativa entre la temperatura inicial de gelatinización y el tiempo con un nivel de confianza del 95%. El gráfico 1 muestra el comportamiento de la temperatura inicial de gelatinización versus el tiempo, el cual indica que la temperatura inicial de gelatinización para las muestras de arroz integral (día 0) es de 72 °C y disminuye hasta las 24 h de germinación (día 2) con valores de 70 °C, para posteriormente incrementar la temperatura durante las 48 h de

germinación (día 3) y 72 h de germinación (día 4) hasta valores de 73 °C.

La disminución de la temperatura de gelatinización se debería a una hidrólisis parcial de la cadena de amilopectina a cadenas más cortas que son más fáciles de disociarse. Durante el primer día de germinación la actividad enzimática sigue rompiendo las cadenas de amilopectina, disminuyendo aun más la temperatura de gelatinización. La elevación de la temperatura de gelatinización se podría explicar por un aumento de carbohidratos simples que compiten junto a los almidones por el agua disponible (8).

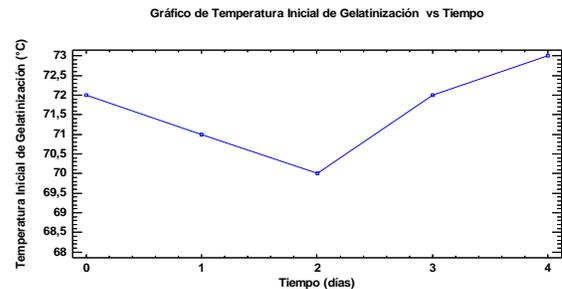


Gráfico 1. Temperatura Inicial de Gelatinización vs Tiempo

La prueba de múltiples rangos (Tabla 8) indica que existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las harinas de todos los días, sin embargo entre la harina de arroz integral (día 0) y la de 48 h de germinación (día 3) no existe una diferencia significativa.

TABLA 8
PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA
TEMPERATURA INICIAL DE
GELATINIZACIÓN POR TIEMPO

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	6	72,0	X
1	6	70,8	X
2	6	70,0	X
3	6	72,0	X
4	6	73,0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	1,67	0,22
0 - 2	*	2,00	0,22
0 - 3		0	0,22
0 - 4	*	-1,00	0,22
1 - 2	*	0,83	0,22
1 - 3	*	-1,17	0,22
1 - 4	*	-2,17	0,22
2 - 3	*	-2,00	0,22
2 - 4	*	-3,00	0,22
3 - 4	*	-1,00	0,22

* indica una diferencia significativa.

3.2. Efecto de la germinación en las características reológicas de la harina de arroz integral germinado

3.2.1. Número de caída

El número de caída es una medida indirecta de la actividad enzimática (contenido de alfa-amilasa) de la harina. El método sigue el principio de la gelatinización rápida de una suspensión de harina y la medición subsiguiente de la licuefacción del almidón por acción de la enzima alfa-amilasa. El valor óptimo en harinas de panadería varía entre 250-400 seg, prefiriendo los valores intermedios. Un valor bajo refleja mayor presencia de la enzima, y uno alto, menor presencia de esta. Si está por encima de 400 seg, las harinas darán productos de baja calidad con migas muy pegajosas, poco volumen y mucho color; si el valor es muy bajo las fermentaciones serán demasiado lentas y el desarrollo del pan escaso (Cortés, 2004) (8).

Mediante la prueba ANOVA se determinó que existe una relación estadísticamente significativa entre el número de caída y el tiempo con un nivel de confianza del 95%. El gráfico 4 muestra el comportamiento del número de caída versus el tiempo, el cual indica que durante la germinación disminuye el número de caída debido a que se produce un incremento de la actividad de la alfa-amilasa. Así tenemos, que los valores más bajos de número de caída se encuentran durante las 72 h de germinación (día 4), y por ende una mayor actividad de la enzima alfa-amilasa.

La prueba de múltiples rangos (Tabla 11) indica que existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las harinas de todos los días.

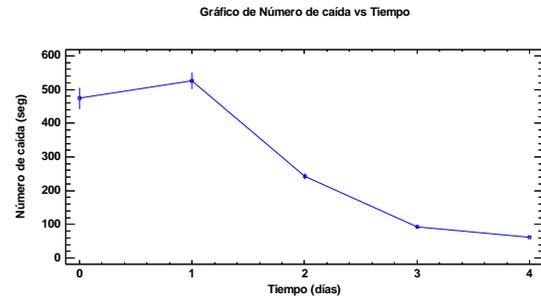


Gráfico 4. Número de caída vs Tiempo

TABLA 11
PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA
NÚMERO DE CAÍDA POR TIEMPO

Método: 95,0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	6	473,67	X
1	6	525,17	X
2	6	243,00	X
3	6	92,50	X
4	6	62,00	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-51,5	22,07
0 - 2	*	230,67	22,07
0 - 3	*	381,17	22,07
0 - 4	*	411,67	22,07
1 - 2	*	282,17	22,07
1 - 3	*	432,67	22,07
1 - 4	*	463,17	22,07
2 - 3	*	150,50	22,07
2 - 4	*	181,00	22,07
3 - 4	*	30,50	22,07

* indica una diferencia significativa.

3.2.2. Viscosidad

Con la prueba ANOVA se determinó que existe una relación estadísticamente significativa entre la viscosidad y el tiempo con un nivel de confianza del 95%. El gráfico 2 muestra el comportamiento de la viscosidad versus el tiempo, el cual indica que el pico más alto de viscosidad es durante el periodo de remojo (día 1). Sin embargo, durante la germinación se produce una disminución significativa de la viscosidad, alcanzando valores mínimos desde las 48 h de germinación (día 3). Cabe indicar que las harinas de los días 3 y 4 no se presentaron viscosas, por el contrario se presentaron como un agua turbia que se asentaba a medida que transcurría el tiempo

(ver Anexo 8), este fenómeno se debe a que enzimas que degradan el almidón, tales como α -amilasas, β -amilasas, dextrinasa, y α -glucosidasa se activan durante la germinación. Debido al aumento de la actividad de estas enzimas, las cadenas de almidón son fragmentadas a pequeñas dextrinas que a su vez muestran una reducción de la viscosidad (9).

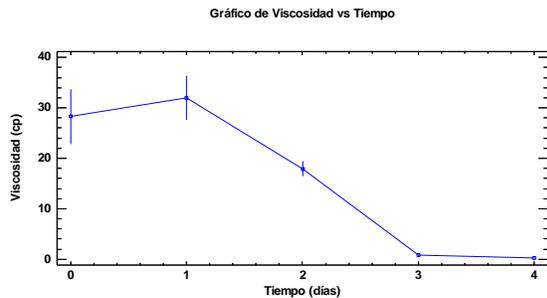


Gráfico 2. Viscosidad vs Tiempo

La prueba de múltiples rangos (Tabla 9) indica que existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las harinas de todos los días, sin embargo entre la harina de arroz integral (día 0) y la de remojo (día 1), y la de 48 h de germinación (día 3) y la de 72 h de germinación (día 4) no existe una diferencia significativa.

TABLA 9
PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA
VISCOSIDAD POR TIEMPO

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	6	28.28	X
1	6	31.95	X
2	6	17.93	X
3	6	0.73	X
4	6	0.25	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		-3,67	3,79
0 - 2	*	10,35	3,79
0 - 3	*	27,56	3,79
0 - 4	*	28,04	3,79
1 - 2	*	14,02	3,79
1 - 3	*	31,22	3,79
1 - 4	*	31,70	3,79
2 - 3	*	17,21	3,79
2 - 4	*	17,69	3,79
3 - 4		0,48	3,79

* indica una diferencia significativa.

3.2.3. Consistencia

La consistencia es el grado de deformación que presentan los fluidos cuando se les somete a un esfuerzo cortante. El término está relacionado a la velocidad de flujo de un líquido o fluido; es decir, la distancia que un fluido recorre en un determinado tiempo, así tenemos que si la distancia recorrida es mayor hablamos de un fluido poco consistente y viceversa.

La prueba ANOVA mostró que existe una relación estadísticamente significativa entre la consistencia y el tiempo con un nivel de confianza de 95%. El gráfico 3 muestra el comportamiento de la consistencia para las muestras de harina de arroz integral (día 0), remojo (día 1) y 24 h de germinación (día 2) con valores promedios de 10.42, 10.42 y 18.58 cm/10seg respectivamente. Cabe destacar que posterior a las 24 h de germinación (día 2) las harinas obtenidas no se mostraron consistentes, por lo cual no fueron consideradas para el análisis. Al igual que en la viscosidad, este fenómeno se debe al incremento de la actividad alfa-amilásica durante la germinación, rompiendo las cadenas de amilosa y amilopectina disminuyendo así la viscosidad.

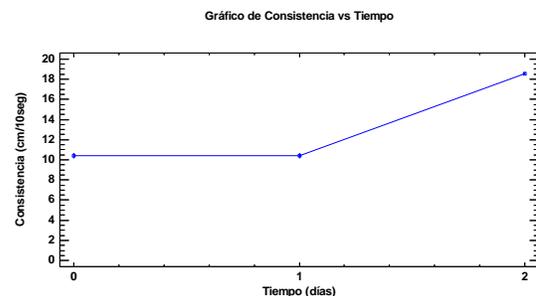


Gráfico 3. Consistencia vs Tiempo

La prueba de múltiples rangos (Tabla 10) indica que existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las harinas de arroz integral (día 0) y 24 h de germinación (día 2), y las harinas de remojo (día 1) y 24 h de germinación (día 2). Por el contrario, entre las harinas de arroz integral (día 0) y remojo (día 1) no existe una diferencia significativa para este parámetro.

TABLA 10
PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA
CONSISTENCIA POR TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	6	10.4167	X
0	6	10.4167	X
2	6	18.5833	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		0	0.27517
0 - 2	*	-8.16667	0.27517
1 - 2	*	-8.16667	0.27517

* indica una diferencia significativa.

3.3. Efecto de la germinación en las características tecnológicas de la harina de arroz integral germinado

3.3.1. Claridad de los geles

Se determinó con la prueba ANOVA que existe una relación estadísticamente significativa entre la claridad de los geles y el tiempo con un nivel de confianza del 95%. El gráfico 5 indica el comportamiento de la claridad de los geles versus el tiempo, donde se observa que este parámetro se mantiene constante para las muestras de arroz integral (día 0), remojo (día 1), 24 h de germinación (día 2) y 48 h de germinación (día 3); mientras que para las muestras de 72 h de germinación (día 4) hay una disminución de los valores de la claridad de los geles. La disminución de este parámetro podría deberse también a la actividad enzimática que rompe las cadenas de almidón, provocando turbidez en la muestra al igual que en la viscosidad impidiendo el paso de la luz a través de la dispersión.

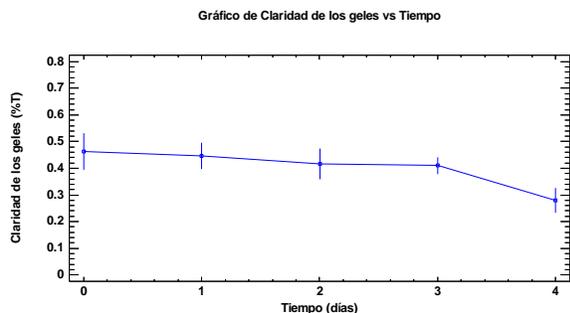


Gráfico 5. Claridad de los geles vs Tiempo

La prueba de múltiples rangos (Tabla 12) indica que no existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las harinas de todos los días,

exceptuando la harina con 72 h de germinación (día 4) que presenta una diferencia significativa con respecto a las demás harinas.

TABLA 12
PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA
CLARIDAD DE LOS GELES POR TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
4	6	0.28	X
3	6	0.41	X
2	6	0.416667	X
1	6	0.446667	X
0	6	0.463333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		0.0166667	0.0626498
0 - 2		0.0466667	0.0626498
0 - 3		0.0533333	0.0626498
0 - 4	*	0.183333	0.0626498
1 - 2		0.03	0.0626498
1 - 3		0.0366667	0.0626498
1 - 4	*	0.166667	0.0626498
2 - 3		0.00666667	0.0626498
2 - 4	*	0.136667	0.0626498
3 - 4	*	0.13	0.0626498

* indica una diferencia significativa.

3.3.2. Índice de absorción de agua

Los almidones tienden a hidratarse como consecuencia de la ruptura de los enlaces de hidrógeno en las regiones amorfas, a los que le sigue una irreversible y progresiva absorción de agua (Torre et al., 2008). Esta propiedad de retener agua es deseable, ya que indica la capacidad del polímero para interactuar con el agua de solvatación y es una medida indirecta de la consistencia de la dispersión formada (Crosbie, 1991) (10).

Mediante la prueba ANOVA se determinó que existe una relación estadísticamente significativa entre el índice de absorción de agua y el tiempo con un nivel de confianza del 95%. El gráfico 6 indica que hay una tendencia de disminución del índice de absorción de agua para las muestras de harina de los días 0, 1, 2, 3, y 4.

La disminución del índice de absorción de agua estaría ligada a la ruptura de la cadena de amilopectina. Este resultado estaría vinculado a lo

observado con la temperatura de gelatinización, ya que la formación de unidades más simples a partir de almidón competirían por el agua, haciéndola menos ligada al almidón.

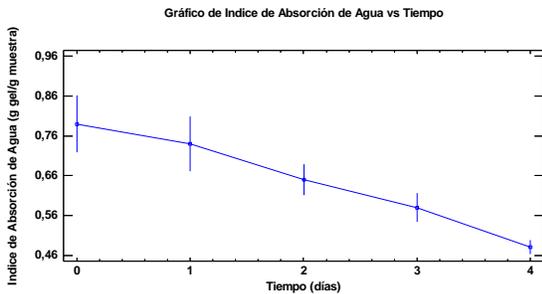


Gráfico 6. Índice de Absorción de Agua vs Tiempo

La prueba de múltiples rangos (Tabla 13) indica que existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las harinas de todos los días, excepto entre las harinas de arroz integral (día 0) y la de remojo (día 1), y la de 24 h de germinación (día 2) y la de 48 h de germinación (día 3) que no presentan una diferencia significativa.

TABLA 13
PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA
ÍNDICE DE ABSORCIÓN VS TIEMPO

Método: 95,0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	6	0,79	X
1	6	0,74	X
2	6	0,65	X
3	6	0,63	X
4	6	0,48	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		0,06	0,07
0 - 2	*	0,14	0,07
0 - 3	*	0,161	0,07
0 - 4	*	0,32	0,07
1 - 2	*	0,09	0,07
1 - 3	*	0,11	0,07
1 - 4	*	0,26	0,07
2 - 3		0,02	0,07
2 - 4	*	0,175	0,07
3 - 4	*	0,155	0,07

* indica una diferencia significativa.

3.3.3. Índice de solubilidad en agua

Se ha reportado que el poder de hinchamiento y la solubilidad presentan evidencia de uniones no covalentes entre las moléculas de amilosa y amilopectina que integran el almidón; éstos parámetros están influenciados por factores tales como la relación amilosa/amilopectina, la longitud y distribución del peso molecular de las cadenas, el grado y la longitud de la ramificación así como por la conformación (Hoover, 2001; Moorthy, 2002) (10).

La prueba ANOVA mostró que existe una relación estadísticamente significativa entre el índice de solubilidad en agua y el tiempo con un nivel de confianza del 95%. El gráfico 7 muestra como el índice de solubilidad se mantiene constante para las muestras de arroz integral (día 0), remojo (día 1) y 24 h de germinación (día 2); para luego, mostrar un incremento de este parámetro en las muestras de 48 h de germinación (día 3) y 72 h de germinación (día 4).

Los compuestos simples, formados a partir de la cadena de almidón, son más solubles que el almidón por lo que este índice se incrementa.

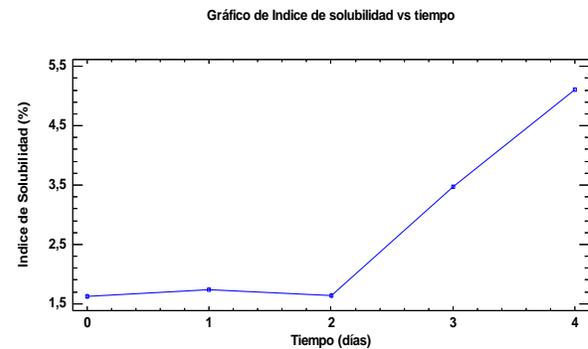


Gráfico 7. Índice Solubilidad vs Tiempo

La prueba de múltiples rangos (Tabla 14) indica que existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre la mayoría de las harinas. Así tenemos, que para las harinas de arroz integral (día 0) y remojo (día 1), arroz integral (día 0) y 24 h de germinación (día 2), y remojo (día 1) y 24 h de germinación (día 2) no existe una diferencia significativa para el índice de solubilidad en agua.

TABLA 14
PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA
ÍNDICE DE SOLUBILIDAD VS TIEMPO

Método: 95,0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	6	1,63	X
1	6	1,74	X
2	6	1,64	X
3	6	3,61	X
4	6	4,54	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		-0,11	0,59
0 - 2		-0,017	0,59
0 - 3	*	-1,99	0,59
0 - 4	*	-2,92	0,59
1 - 2		0,09	0,59
1 - 3	*	-1,88	0,59
1 - 4	*	-2,81	0,59
2 - 3	*	-1,97	0,59
2 - 4	*	-2,89	0,59
3 - 4	*	-0,93	0,59

* indica una diferencia significativa.

3.3.4. Poder de hinchamiento

En presencia de agua, los gránulos de almidón empiezan a hincharse y a embeber el agua, cuando se aplica energía, las moléculas de agua rompen los puentes de hidrógeno intermoleculares en la región amorfa y penetran al gránulo causando hinchamiento del mismo. Si se continúa incrementando el calor, la dispersión de almidón perderá la conformación micelar, provocada por la absorción de agua y el incremento de tamaño del gránulo con un probable incremento en la cantidad de sólidos solubles (Solorza et al., 2002; Yuan et al., 2007) (10).

Mediante la prueba ANOVA se determinó que existe una relación estadísticamente significativa entre el poder de hinchamiento y el tiempo con un nivel de confianza del 95%. El gráfico 8 indica que hay una tendencia a disminuir el poder de hinchamiento según avanza el tiempo de germinación. Este resultado está relacionado a lo discutido anteriormente sobre la ruptura de la cadena de amilopectina, que interviene directamente sobre el poder de hinchamiento.

La prueba de múltiples rangos (Tabla 15) indica que existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las harinas de todos los días, excepto entre las harinas de arroz integral (día 0) y la de

remojo (día 1), y la de 24 h de germinación (día 2) y la de 48 h de germinación (día 3) que no presentan una diferencia significativa.

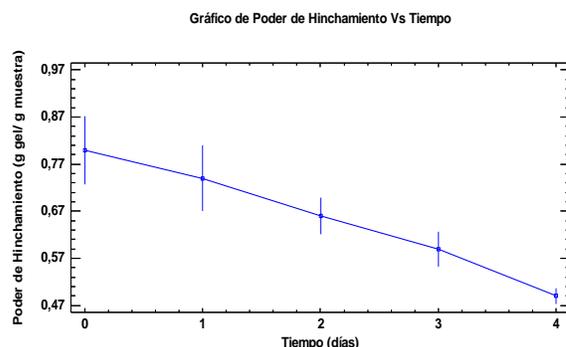


Gráfico 8. Poder de hinchamiento vs Tiempo

TABLA 15
PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA
PODER DE HINCHAMIENTO VS TIEMPO

Método: 95,0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	6	0,80	X
1	6	0,74	X
2	6	0,66	X
3	6	0,64	X
4	6	0,49	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		0,058	0,075
0 - 2	*	0,15	0,075
0 - 3	*	0,16	0,075
0 - 4	*	0,32	0,075
1 - 2	*	0,09	0,075
1 - 3	*	0,10	0,075
1 - 4	*	0,26	0,075
2 - 3		0,02	0,075
2 - 4	*	0,17	0,075
3 - 4	*	0,15	0,075

* indica una diferencia significativa.

4. Conclusiones

La harina obtenida del periodo de remojo de los granos para la posterior germinación, no tiene efecto significativo sobre las características físicas, reológicas y tecnológicas con respecto a la harina de arroz integral (día 1).

La harina de arroz integral con 24 h de germinación (día 2) presentó la temperatura inicial de gelatinización más baja (70 °C) en relación a las demás harinas que llegaron a valores cercanos a 73 °C, siendo la primera la más adecuada para la elaboración de productos de panificación ya que temperaturas bajas de gelatinización producen mejores migas de pan.

La harina de arroz integral con 24 h de germinación (día 2) presentó mejores características reológicas con un número de caída de 243 seg, una viscosidad de 17.93 Cp y una consistencia de 18.58 cm/10 seg. Por otro lado, harinas de arroz integral (día 0) y de remojo (día 1) se mostraron muy viscosas y consistentes, y con valores de número de caída muy altos, mientras que harinas con 48 h y 72 h de germinación se mostraron no viscosas con aspecto de agua turbia, y con valores de número de caída bastante bajos, esto debido a la actividad de las enzimas durante la germinación.

En cuanto a las características tecnológicas, las harinas de arroz integral (día 0), remojo (día 1) y 24 h de germinación (día 2) presentaron mejores respuestas, teniendo como resultado harinas con altos valores de claridad, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento, y bajos valores de solubilidad; mientras que las harinas con 48 h (día 3) y 72 h (día 4) presentaron valores opuestos en relación a las harinas de los días 0, 1 y 2.

Por presentar las mejores características físicas, reológicas y tecnológicas, la harina de arroz integral con 24 h de germinación, es la más adecuada para usos industriales; tanto en productos de panadería, pastelería, embutidos, alimentos para bebés, como espesantes, etc.

Las harinas de arroz integral con 48 h de germinación (día 3) y 72 h de germinación (día 4) no pueden ser aplicadas para usos industriales, debido a que este periodo de germinación (posterior a las 24 h) afecta las características de calidad de la harina (características físicas, reológicas y tecnológicas), producto de los cambios bioquímicos y la actividad enzimática que tiene lugar durante este proceso. Por esta razón, se recomienda realizar estudios de arroz cocido para consumo directo de los germinados de 48 h y 72 h; determinando así, condiciones y tiempos de cocción que pueden variar debido a los cambios que sufre el arroz durante la germinación.

5. Agradecimiento

A nuestras familias por su constante apoyo, a nuestra directora de tesis MSc. Fabiola Cornejo Z y a la Ing. Grace Vásquez V. ya que sus conocimientos fueron invaluable para el desarrollo de nuestra tesis.

**Janaína Madelein Sánchez García y
Eliaana Carmita Loayza Jaramillo**

6. Referencias

1. JENNY RUALES; CECILIA CARPIO; STALIN SANTACRUZ; JUAN BRAVO, Manual de métodos de caracterización de carbohidratos, Quito, 2000, Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo (CYTED), Págs. 32-57.
2. PERTEN INSTRUMENTS, El método Falling Number. [En línea]. Consultado: Octubre 2012. Disponible en: http://www.perten.com/Global/Brochures/FN/FN%20Application%20Method_spa_20110901.pdf
3. ISI 2002. Determination of viscosity of starch by Brookfield. ISI 17-1e. In: Laboratory methods. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch Institute (ISI). [En línea]. Consultado: Septiembre 2012. Disponible en: <http://www.starch.dk/isi/methods/17brookfield.htm>
4. NMX-F-322-S-1978. Determinación de la consistencia de la salsa de tomate, Normas Mexicanas, Dirección General De Normas, México, 1978. [En línea]. Consultado: Septiembre 2012. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-322-S-1978.PDF>
5. ALBERO GUÍZAR MIRANDA; JOSÉ LUÍS MONTAÑÉZ SOTO; IGNACIO GARCÍA RUIZ, Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp), México, 2008, *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, v. 9, n. 1, Págs. 81-88, ISSN 1665-0204. [En línea]. Consultado: Septiembre 2012. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81311226011>
6. ANDERSON R.; CONWAY H.F.; PHEISER V.F.; GRIFFIN E.L, 1969, Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking, *Cereal Science Today*, v. 14, Págs. 4-12.
7. PATRICIO CÁCERES, Tesis Doctoral, Estudio del efecto de la germinación en el contenido de

GABA y Oryzanol en variedades de arroz ecuatoriano, Madrid, 2012, Universidad Autónoma de Madrid.

8. SERGIO HENAO OSORIO; JOHANNA ARISTIZÁBAL GALVIS, Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación, Colombia, 2009, Revista Ingeniería e Investigación, v. 29, n. 1, Págs.39-46. [En línea]. Consultado: Octubre 2012. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v29n1/v29n1a05.pdf>
9. HYUN-JUNG CHUNG; AHRA CHO; SEUNG-TAIK LIM, Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle, Republic of Korea, 2012, LWT - Food Science and Technology, v. 47, n. 2, Págs. 342-347. [En línea]. Consultado: Octubre 2012. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643812000485>
10. ALBERO GUÍZAR MIRANDA; JOSÉ LUÍS MONTAÑÉZ SOTO; IGNACIO GARCÍA RUIZ, Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp), México, 2008, *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, v. 9, n. 1, Págs. 81-88, ISSN 1665-0204. [En línea]. Consultado: Septiembre 2012. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81311226011>
11. CRISTINA M. ROSELL; CARLA MOITA BRITES; ELEVINA PÉREZ; MARCIA GULARTE, De tales harinas, tales panes: Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica, 2007, Págs. 123-159. ISBN 9789871311071.
12. ANDREA PANTANELLI, Las pastas secas, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Dirección de Industria Alimentaria - S.A.G.P. y A. [En línea]. Consultado: Octubre 2012. Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/farinaceos/Productos/Pastas/Secas/Secas_2001/Pastas_secas.htm
13. R. MIRANDA – A.C.A.; N. SALOMÓN – U.N.S., Trigos argentinos de calidad. [En línea]. Consultado: Octubre 2012. Disponible en: <http://www.mejoravegetal.criba.edu.ar/Calidad/Instruc/index.htm>
14. ROBERTO J. PEÑA, Influencia de la textura del endospermo y la composición de las proteínas del gluten en la calidad panadera del trigo, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). En línea]. Consultado:

Octubre 2012. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29065.pdf>

15. JULIANO B., Rice starch: Production, properties, and uses. IV Physicochemical properties of rice starch in Starch: Chemistry and Technology, 2nd ed. (Eds. R. L. Whistler, J. N. BeMiller, E. F. Paschall) Academic Press, London, 1984

Indicando:

Certifico que he revisado el artículo “Efecto del tiempo de germinación sobre las características físicas, reológicas y tecnológicas de la harina del arroz integral variedad INIAP 15, cosecha verano” **de las Srtas.:**

NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS DE CADA TESISISTA: Janaína Madelein Sánchez García Eliana Carmita Loayza Jaramillo
TÍTULO A OBTENER: Ingenieras de Alimentos
No. MATRÍCULA de cada tesista: 200610327 200535227

Por lo tanto autorizo que el CICYT recpte el artículo.

Fabiola Cornejo Zúñiga
Directora de Tesis
FIMCP