



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**EFECTO DEL PRETRATAMIENTO DE
REMOJO Y LAVADO SOBRE LA CALIDAD
CULINARIA DE DOS CULTIVARES DE ARROZ
(*ORIZA SATIVA* L.) CULTIVADOS EN EL
ESTADO YARACUY Y SU POTENCIALIDAD
EN LA ELABORACIÓN DE SUSHI**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por la bachiller Wilma Roxana Rojas Campos como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología

Tutor(a): M. Sc. Zurima González

CARACAS, VENEZUELA
SEPTIEMBRE - 2011

ÍNDICE	PÁGINA
HOJA DE EVALUACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURA	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN	1
III. OBJETIVO GENERAL	3
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
II. ANTECEDENTES	4
1. Arroz	4
1.1. Origen	4
1.2. Clasificación taxonómica	4
1.3. Producción	4
1.3.1. Producción y mercado internacional de variedades de granos de arroz	5
1.4. Valor Nutricional	5
1.5. Calidad del arroz	6
1.5.1. Calidad molinera y de comercialización	6
1.5.2. Calidad culinaria	7
1.5.2.1. Calidad sensorial	8

1.6. Sushi	8
1.6.1. Mercado de sushi en Venezuela	9
1.6.2. Arroz para Sushi	9
1.7. Lavado de los granos de arroz	10
1.8. Remojo de los granos de arroz	11
V. MATERIALES Y MÉTODOS	15
A. MATERIALES	15
A.1. Cultivares	15
A.1.1. CT15705	15
A.1.2. D-Primera	15
A.1.2.1. Manejo del cultivo de D-Primera	16
B. MÉTODOS	18
C. DISEÑO EXPERIMENTAL	18
D. ANÁLISIS DE LOS GRANOS DE ARROZ	18
1. Calidad molinera	18
1.1. Granos yesosos	18
1.2. Granos panza blanca	19
E. ANÁLISIS DE LA HARINA DE LOS GRANOS DE ARROZ	19
2. Análisis químicos, físicos y reológicos de la harina de los granos de arroz.	19
2.1. Análisis químicos	19
2.1.1. Preparación de las muestras	19
2.1.2. Humedad	20
2.1.3. Cenizas	20
2.1.4. Proteína cruda	20

2.1.5. Grasa cruda	20
2.1.6. Amilosa aparente	20
2.2. Análisis físicos en granos de arroz pulido.	21
2.2.1. Color	21
2.3. Análisis reológicos	22
2.3.1. Perfil amilográfico	22
F. ANÁLISIS DE LOS GRANOS DE ARROZ COCIDOS	23
3. Calidad culinaria	23
3.1. Pruebas de cocción	23
3.1.1. Tiempo de cocción	23
3.1.2. Relación expansión volumétrica	24
3.1.3. Relación de absorción de agua	24
3.1.4. Cantidad de agua evaporada	24
4. Análisis físicos	25
4.1. Perfil de textura	25
4.2. Color	25
5. Análisis químicos	26
5.1. Humedad	26
6. Pretratamiento de remojo y lavado de las muestras de arroz	26
6.1. Secado de los granos de arroz pretratados	27
F. ANÁLISIS QUÍMICOS, FÍSICOS Y REOLÓGICOS DE LOS GRANOS DE ARROZ PRETRATADOS	28
6.1. Preparación de las muestras	28
6.2. Calidad culinaria, análisis físicos y químicos de las muestras pretratadas	28

6.3. Evaluación sensorial	28
7. Análisis de los resultados	29
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
1. Análisis de las muestras de arroz pulido	30
1.1 Análisis físicos	30
1.1.1. Porcentaje de granos yesosos (%GY)	30
1.1.2. Porcentaje de granos panza blanca (%GPB)	31
1.2. Análisis químicos	32
1.2.1. Humedad	32
1.2.2. Cenizas	33
1.2.3. Proteína cruda	34
1.2.4. Grasa cruda	35
2. Análisis de las muestras de arroz pulido con pretratamiento	36
2.1. Análisis físicos	36
2.1.1. Color	36
2.1.1.1. Parámetro L*	37
2.1.1.2. Parámetro a*	38
2.1.1.3. Parámetro b*	40
2.1.1.4. Parámetro diferencia de color (ΔE)	41
2.1.1.4. Parámetro Índice de Blancura (IB)	42
2.2. Análisis químicos	44
2.2.1. Humedad	44
2.2.2. Amilosa aparente	45
2.3. Análisis reológicos	48

2.3.1. Perfil amilográfico	48
2.3.1.1. Temperatura de empaste	48
2.3.1.2. Viscosidad máxima	49
2.3.1.3. Viscosidad media	50
2.3.1.4. “Breakdown”	52
2.3.1.5. Viscosidad final	53
2.3.1.6. Asentamiento o “setback”	54
2.3.1.7. Consistencia	56
3. Análisis para las muestras de arroz cocidos	59
3.1. Análisis físicos	59
3.1.1. Color	59
3.1.1.1. Parámetro L*	59
3.1.1.2. Parámetro a*	60
3.1.1.3. Parámetro b*	61
3.1.1.4. Parámetro ΔE	62
3.1.1.5. Parámetro IB	63
3.1.2. Perfil de textura	64
3.1.2.1. Dureza	65
3.1.2.2. Adhesividad	66
3.1.2.3. “Stringiness”	67
3.1.2.4. Cohesividad	68
3.1.2.5. Gomosidad	69
3.1.2.6. Elasticidad	70
3.1.2.7. Masticabilidad	71

3.2. Análisis químicos	72
3.2.1. Humedad	72
4. Evaluación de la calidad culinaria	73
4.1. Pruebas de cocción	74
4.1.1. Tiempo de cocción	74
4.1.2. Relación de expansión volumétrica	76
4.1.3. Relación de absorción de agua	77
4.1.4. Agua evaporada	79
5. EVALUACION SENSORIAL	81
5.1. Fase I	81
5.1.1. Color	83
5.1.2. Brillo	84
5.1.3. Adhesividad	85
5.1.4. Tamaño del Grano	86
5.2. Fase II	87
5.2.1. Apariencia	89
5.2.2. Aroma	90
5.2.3. Sabor	90
5.2.4. Textura	91
5.2.5. Apreciación global	92
VII. CONCLUSIONES	94
VIII. RECOMENDACIONES	96
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
X. ANEXOS	108

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variación del parámetro L^* de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	38
Gráfico 2. Variación del parámetro a^* de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	
Gráfico 3. Variación del (ΔE) de las muestras de arroz pulido con y sin Pretratamiento.	41
Gráfico 4. Variación del parámetro índice de blancura de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	43
Gráfico 5. Variación del contenido de humedad de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	45
Gráfico 6. Variación del contenido de amilosa aparente de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	47
Gráfico 7. Variación de la temperatura de empaste de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	49
Gráfico 8. Variación de la viscosidad máxima de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	50
Gráfico 9. Variación de la viscosidad media de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	51
Gráfico 10. Variación del “breakdown” de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	53
Gráfico 11. Variación de la viscosidad final de la muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	54

Gráfico 12. Variación del “setback” de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	55
Gráfico 13. Variación de la consistencia de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	57
Gráfico 14. Variación del parámetro a^* en las muestras de arroz cocidos con y sin pretratamiento.	61
Gráfico 15. Variación del parámetro b^* en las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.	
Gráfico 16. Variación del parámetro índice de blancura en las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.	64
Gráfico 17. Variación de la adhesividad de las muestras de arroz cocido con y sin tratamiento.	67
Gráfico 18. Variación de la cohesividad de las muestras de arroz cocido con y sin tratamiento.	69
Gráfico 19. Variación de la gomosidad de las muestras de arroz cocido con y sin tratamiento.	70
Gráfico 20. Variación del contenido de humedad de las muestras de arroz cocido con y sin tratamientos.	73
Gráfico 21. Variación del tiempo de cocción de las muestras de arroz con y sin tratamientos.	76
Gráfico 22. Variación de la relación de absorción de agua de las muestras de arroz cocido con y sin tratamientos.	78
Gráfico 23. Variación del contenido de agua evaporada de las muestras de arroz cocido con y sin tratamientos	80

Gráfico 24. Resultados de la evaluación comparativa del atributo color de las muestras con pretratamiento con respecto a un control.	84
Gráfico 25. Resultados de la evaluación comparativa del atributo brillo de las muestras con pretratamiento con respecto a un control.	85
Gráfico 26. Resultados de la evaluación comparativa del atributo adhesividad de las muestras con pretratamiento con respecto a un control.	86
Gráfico 27. Resultados de la evaluación comparativa del atributo tamaño de los granos de las muestras con pretratamiento con respecto a un control.	87
Gráfico 28. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad del atributo apariencia de las muestras de sushi.	89
Gráfico 29. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad del atributo aroma de las muestras de sushi.	90
Gráfico 30. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad del atributo sabor de las muestras de sushi.	91
Gráfico 31. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad del atributo textura de las muestras de sushi.	91
Gráfico 32. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad del atributo apreciación global de las muestras de sushi.	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	3
Tabla 2. Tabla de composición del arroz blanco e integral, expresada por cada 100 g de arroz ingerido.	5
Tabla 3. Requisitos para la clasificación del arroz blanco grano largo para consumo humano.	6
Tabla 4. Clasificación del contenido de amilosa en arroz.	6
Tabla 5. Tabla de descripción de los tipos de fertilización aplicados a D-Primera.	14
Tabla 6. Tabla de descripción de los Resultados al momento de la floración(FD9706) D-primera	15
Tabla 7. Características tipo de arroz según la Norma COVENIN 44-90.	19
Tabla 8. Pretratamientos a aplicar a las diferentes muestras de arroz.	27
Tabla 9. Significación de los cuadrados medios de las variables físicas y químicas de las muestras de arroz pulido.	30
Tabla 10. Comparación de medias para la variable %GY.	31
Tabla 11. Comparación de medias para la variable %GPB.	32
Tabla 12. Comparación de medias para la variable humedad	33
Tabla 13. Comparación de medias para la variable cenizas	34
Tabla 14. Comparación de medias para la variable proteína cruda.	35
Tabla 15. Comparación de medias para la variable grasa cruda	36
Tabla 16. Significación de los cuadrados medios de los parámetros asociados al color de las muestras de arroz pulido.	37
Tabla 17. Comparación de medias para el parámetro b*de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.	40

Tabla 18. Significación de los cuadrados medios de los análisis químicos de las muestras de arroz pulido	44
Tabla 19. Significación de los cuadrados medios de las variables del perfil amilográfico de las muestras de arroz pulido.	47
Tabla 20. Significación de los cuadrados medios de los parámetros asociados al color de las muestras de arroz cocido.	59
Tabla 21. Comparación de medias para el parámetro L^* de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.	60
Tabla 22. Comparación de medias para el parámetro ΔE de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.	63
Tabla 23. Significación de los cuadrados medios de las variables del perfil de textura de las muestras de arroz cocido.	65
Tabla 24. Comparación de medias para la dureza de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.	66
Tabla 25. Comparación de medias para la elasticidad de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.	71
Tabla 26. Comparación de medias para la masticabilidad de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.	72
Tabla 27. Significación de los cuadrados medios del contenido de humedad de las muestras de arroz cocido.	73
Tabla 28. Significación de los cuadrados medios de las variables asociadas a las pruebas de cocción.	74
Tabla 29. Comparación de medias para la relación de expansión volumétrica de las muestras cocidas con y sin pretratamiento	77

Tabla 30. Significación de los cuadrados medios de los atributos asociados a la evaluación sensorial comparativa visual de las muestras con pretratamiento con respecto a un control.

Tabla 31. Descripción de los códigos representativos de las muestras con los pretratamientos aplicados utilizados en la escala comparativa, así mismo en cada uno de los gráficos de los atributos estudiados. 83

Tabla 32. Significación de los cuadrados medios de los atributos evaluados durante la degustación de los roles de sushi. 89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colorímetro Hunter Lab Color Flex, modelo CX1819.	22
Figura 2. Equipo Rapid Visco Analyser (RVA).	22
Figura 3. Olla arrocera de 6 tazas, Black & Decker y medidor de granos de arroz.	23
Figura 4. Analizador de textura modelo TA-XT2	25
Figura 5. Curva típica de un análisis de perfil de textura (Bourne, 2002).	25
Figura 6. Presentación de las muestras en la Fase I evaluación sensorial de percepción visual.	82

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A	108
Tabla A1: Norma COVENIN 1641:1999. Arroz blanco de grano largo.	108
Tabla A2: Norma COVENIN 44-90. Arroz paddy.	109
Tabla A3: Gaceta oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela N° 39.208 del 26-06-2009. Articulo 10.	110
ANEXO B	111
Figura B1: Gráfica de perfil de textura de cada una de las muestras sin pretratamiento.	111
Figura B2: Gráfica de perfil de textura de cada una de las muestras Remojo- Lavado.	111
Figura B3: Gráfica de perfil de textura de cada una de las muestras Lavado- Remojo.	112
ANEXO C	113
Tabla C1. Correlaciones de las variables asociadas a los análisis físicos y químicas de las muestras de arroz pulido.	113
Tabla C2. Correlaciones de las variables asociadas al color a*, b* y L* de los granos de arroz pulido y cocidos.	114
Tabla C3. Correlaciones de las variables asociadas al perfil amilográfico Contenido de y amilosa aparente.	114
Tabla C4. Correlaciones de la diferencia de color ΔE asociadas a los granos de arroz pulido y cocido.	114
Tabla C5. Correlaciones de las variables asociadas al perfil de textura y el contenido de amilosa aparente.	114
Tabla C6. Correlaciones de las variables asociadas a la determinación de la Calidad Culinaria y la dureza.	114

Tabla C7. Correlaciones del Índice de blancura IB asociadas a los granos de arroz pulido y cocido.	114
ANEXO D	115
Planilla de Evaluación Sensorial Fase I:	116
Planilla de la Evaluación Sensorial de la Fase II	116
ANEXO E	117
Figura E1: Muestra Sativa Remojo-Lavado.	117
Figura E2: Muestra Sativa Remojo-Lavado.	117
Figura E3: Muestra Sativa Lavado-Remojo.	117
Figura E4: Muestra Sativa Lavado-Remojo.	118

RESUMEN

En este estudio se planteó como objetivo general la evaluación del efecto del pretratamiento de remojo y lavado sobre la calidad culinaria de dos cultivares de arroz (D-Primera y CT15705) cultivados en el Edo. Yaracuy y su potencialidad para la elaboración de sushi.

Los análisis estuvieron orientados a evaluar la calidad culinaria de los granos de arroz, así las características físicas, químicas y reológicas, como, el contenido de amilosa aparente, el perfil amilográfico, las pruebas de cocción, el color, el perfil de textura, entre otros. La calidad molinera se evaluó a través del rendimiento porcentual de granos yesosos (%GY), granos panza blanca (%GPB) y granos yesosos más panza blanca (GY+GPB). También se determinó el contenido de humedad, Cenizas, proteína y grasa cruda y el color de los cultivares de arroz pulido, a través de los parámetros L^* , a^* y b^* , así como índice de blancura (IB) y la diferencia de color (ΔE) sin pretratamiento.

Una vez realizado el pretratamiento de remojo y lavado, se determinó su impacto en los diferentes parámetros considerados. Para ello se estableció un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones por tratamiento. Los tratamientos estuvieron definidos por la combinación de dos cultivares de arroz (D-Primera y CT15705), una muestra de arroz grano largo (Sativa), una muestra de arroz grano corto (Nishiki) y dos condiciones de pretratamiento (remojo-lavado y lavado-remojo).

Los resultados evidenciaron que el pretratamiento de remojo-lavado y lavado remojo tuvieron un efecto en todas las muestras de arroz evaluadas, ocasionando cambios y diferencias en el color a través de los parámetros L^* , a^* y b^* , así como índice de blancura (IB) y la diferencia de color (ΔE), también se observaron cambios el contenido de humedad, CT15705 y D-Primera resultaron ser cultivares con un contenido de amilosa bajo (<22%),

Para el perfil amilográfico hubo diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), así como también sobre la textura de las muestras de arroz cocido.

En la evaluación de la calidad culinaria también se observaron diferencias, como la disminución del tiempo de cocción y el aumento en la relación expansión volumétrica, la relación absorción de agua y agua evaporada en todas las muestras con la aplicación de los pretratamientos.

También se realizaron dos evaluaciones sensoriales. La primera fue una evaluación sensorial de percepción visual del brillo, la adhesividad, el color y tamaño del grano, de los granos de arroz cocidos con y sin pretratamiento de remojo y lavado, con un panel entrenado y utilizando escala comparativa.

Con base a los resultados obtenidos, en la primera evaluación sensorial se estableció la estrategia para la elaboración y evaluación del sushi, utilizando los cultivares de granos de arroz con su pretratamiento. Se consideraron los atributos apariencia, aroma, sabor, textura y apreciación global, adicionalmente, esta evaluación sensorial se llevo a cabo en un restaurante, con expertos en este tipo de cocina y utilizando la escala hedónica. Obteniéndose resultados interesantes y muy atractivos que podrían beneficiar el mercado consumidor nacional e internacional.

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) pertenece a la Familia de las Gramíneas y es el segundo cultivo de mayor importancia, después del trigo, debido a su bajo costo, constituyendo así la principal fuente alimenticia en muchos países por su alto aporte energético proveniente de sus carbohidratos, fundamentalmente, almidón. Además, presenta un bajo contenido de sodio, es de fácil digestión y sus proteínas son hipoalergénicas (INFOAGRO, 2002).

La calidad del arroz está determinada por diferentes factores, como son la variedad, la zona y las características del cultivo, el manejo durante y después de la cosecha (secado, transporte, almacenamiento y procesamiento), la forma de preparación, entre otros. Esta calidad se evalúa en función de diversas características (apariencia, rendimiento de granos enteros, contenido de amilosa y proteína cruda, pruebas de cocción y análisis relacionados, atributos de textura, aroma, sabor, entre otros), dependiendo de si se trata de la calidad molinera, de comercialización o culinaria.

La calidad culinaria del arroz se determina a través de un grupo de parámetros que evalúan de forma directa la textura del grano cocido y algunas características de composición y propiedades físico-químicas. Entre las características de composición, el contenido de amilosa es uno de los criterios más importantes. Su valor proporciona una medida indirecta de la textura del grano cocido, dada su elevada correlación con el valor de adhesividad (a mayor amilosa, menor adhesividad) y el de consistencia (a mayor amilosa, mayor consistencia), a la vez que condiciona algunas de las propiedades de cocción del grano (Danac, 2004).

En Venezuela, este cultivo ha permanecido en un segundo plano en el patrón de consumo nacional (Molina, 1998); por esta razón y con fines de mejorar la productividad en los eslabones de la cadena arrocera, se ha fomentado el desarrollo de variedades con alto

rendimiento y excelente calidad, acordes con las características y demandas de los productores, la agroindustria y los consumidores venezolanos; algunas de las instituciones vinculadas con el desarrollo de estas variedades son el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), la Fundación Nacional del Arroz (FUNDARROZ) y la Fundación para la Investigación Agrícola Danac.

La forma de preparación del arroz es determinante en su calidad culinaria y se ha observado que el pretratamiento de remojo, previo a la cocción, produce una serie de efectos y cambios sobre la hidratación, la forma y el tamaño de los granos, la textura del arroz cocido y el tiempo de cocción, entre otros.

Con miras a lograr un mayor aprovechamiento de los cultivares de arroz ya desarrollados y de las líneas experimentales en estudio disponibles en nuestro país, se planteó esta investigación para evaluar el efecto de pretratamiento de remojo y lavado sobre su calidad culinaria y su potencialidad en la elaboración de sushi, siendo este un producto con saludables cualidades nutricionales y que desde hace 10 ó 15 años a ganado adeptos mundialmente. Todas estas cualidades, sumadas a una política de precios desmitificada para el producto, hicieron que rápidamente se alce a la vanguardia, liderando el mercado. Cada día son más las personas que prueban el sushi y comienzan a familiarizarse con este plato, observándose una tendencia creciente de preferencia por este tipo de comida, lo cual conlleva a un aumento en su nivel de exigencia y crea una fuerte y sana competencia en el mercado emergente. Es de hacer notar que la información en Venezuela sobre este tópico es limitada o escasa, de allí la relevancia de este estudio.

III. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del pretratamiento de remojo y lavado sobre la calidad culinaria los granos de dos cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas en el Estado Yaracuy y su potencialidad en la elaboración de sushi.

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Evaluar la calidad molinera de los cultivares de arroz.
- ❖ Caracterizar los cultivares de arroz mediante análisis físicos, químicos y reológicos.
- ❖ Evaluar la calidad culinaria de los cultivares de arroz.
- ❖ Estandarizar las condiciones del pretratamiento de remojo y lavado.
- ❖ Evaluar del efecto este pretratamiento sobre las características físicas, químicas y reológicas de los cultivares de arroz.
- ❖ Evaluar algunos atributos de la calidad sensorial de las muestras de arroz cocinadas con y sin pretratamiento.
- ❖ Evaluar la potencialidad de elaborar sushi a partir de las muestras pretratadas.

II. ANTECEDENTES

1. Arroz

1.1. Origen

El arroz es uno de los cultivos más antiguos que se conoce y proviene de la Provincia Zhejiang al sur de China (Álvarez, 1997). Se ha determinado que el arroz silvestre, *Oryza rufipogon*, es el ancestro salvaje del arroz asiático y, como consecuencia de su domesticación, ha evolucionado en tres razas ecogeográficas: *Índica*, *Japónica* y *Javánica* (FAO, 2004). De las 23 variedades de *Oryza* L. que existen, se cultivan solamente dos de ellas: *Oryza sativa* L., originaria del trópico húmedo de Asia y *O. glaberrima* de África Occidental.

1.2. Clasificación taxonómica

El arroz pertenece a la Familia de las Gramíneas, la cual comprende varias especies (Parsons, 1982). Su nombre científico es: *Oryza sativa* L. y, según su clasificación taxonómica (Tabla 1), es una monocotiledónea.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del arroz (*Oryza sativa* L.)

<u>Reino</u>	<u>Plantae</u>
<u>División</u>	<u>Magnoliophyta</u>
<u>Clase</u>	<u>Liliopsida</u>
<u>Orden</u>	<u>Poales</u>
<u>Familia</u>	<u>Poaceae</u>
<u>Género</u>	<u><i>Oryza</i></u>
<u>Especie</u>	O. sativa

Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Arroz

1.3. Producción

En cuanto a la producción, el arroz ocupa el segundo lugar de importancia, después del trigo y se considera un alimento básico para más de la mitad de la población mundial

(FAO, 2004). Según informes de la FAO, la producción de arroz en el 2009 fue de 678 millones de toneladas (FAO, 2009).

En Venezuela, el cultivo de arroz ocupó 208.825 ha. para el año 2008, las cuales produjeron 1.054.857 toneladas, siendo el segundo cereal más sembrado en el país (FAOSTAT, 2010).

1.3.1. Producción y mercado internacional de variedades de granos de arroz

El arroz constituye la base nutricional para gran parte de la población mundial debido a que proporciona alrededor del 20% de energía y el 15% de proteína per cápita. Por su producción y consumo lo han convertido en uno de los cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial. (Martínez y col., 1997).

La importancia económica y social que reviste el arroz para la mayoría de los países productores ha llevado a que los gobiernos intervinieran fuertemente en el sector, dando lugar a un mercado muy distorsionado. La liberalización alzaría los precios del arroz japónica de grano mediano mucho más que los del arroz indica de grano largo. Los beneficios favorecerán principalmente a los exportadores de arroz japónica de zona templada y a los consumidores de arroz japónica en mercados protegidos. Un elemento fundamental de los resultados indicados es la escasa respuesta de la oferta a las variaciones de los precios del arroz japónica, ya que son pocos los países, fuera de los de las zonas templadas y subtropicales, que pueden producir esas variedades. Como consecuencia, la liberalización del mercado podría ser más limitada en el sector del arroz que en otros sectores agrícolas (FAO, 2004).

1.4. Valor Nutricional

El grano de arroz está compuesto, básicamente, por carbohidratos (predominantemente almidón), proteínas, grasas, vitaminas y minerales y la proporción de

sus constituyentes varía dependiendo de si se trata de arroz paddy, integral o pulido. En la Tabla 2 se muestra la composición química, tanto del arroz integral, como del arroz blanco.

Tabla 2. Tabla de composición del arroz blanco e integral, expresada por cada 100 g de arroz ingerido.

Arroz	Cal.	H. (g)	Prot. (g)	G. (g)	C. (g)		Fd. (g)		Ce. (g)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Tim. (mg)	Riv. (mg)	Nic. (mg)
					Dis.	T.	T.	Ins.							
Blanco	345	13	8,1	0,7	76,5	77,7	1,2	0,8	0,5	8	147	0,9	0,08	0,04	1,5
Integral	354	8,3	8,5	1,5	77	80	3,6	3	1,4	14	318	2,5	0,42	0,08	5,6

Cal.: Calorías, H.: Humedad, Prot.: Proteína, G.: Grasas, C.: Carbohidratos, Dis.: Disponibles, T.: Total o Totales, Fd.: Fibra Dietética, Ins.: Insoluble, Ce.: Cenizas, Tim.: Tiamina, Riv.: Riboflavina, Nic.: Niacina. Fuente (INN, 2001).

1.5. Calidad del arroz

La calidad del arroz está considerada como la combinación de diversos atributos y/o propiedades, como aroma, tamaño, características de cocción, color, valor nutricional, porcentaje de granos enteros, etc. (Park y col., 2001 y Rickman y col., 2005). Por otra parte, Windham y col. (1997) consideran que el concepto de calidad tiene distintos significados: a) calidad para su comercialización, b) calidad para un determinado uso industrial y c) calidad funcional y/o sensorial, mientras que Webb (1991) señala que el término “calidad” involucra cuatro áreas: a) calidad molinera, b) calidad comestible, de cocción y procesamiento, c) calidad nutritiva, y d) especificaciones estandarizadas de calidad sanitaria y pureza; así queda claro que la calidad del grano depende de quién la está determinando, el destino final del grano y de las preferencias del consumidor.

1.5.1. Calidad molinera y de comercialización

La calidad molinera se define como el conjunto de características que determinan el comportamiento del arroz durante su procesamiento (descascarado y pulido) clasificado a nivel de la planta; la misma depende de la variedad y las condiciones de cultivo, cosecha y manejo posterior.

En Venezuela, se emplean las Normas COVENIN 44:90 y 1641:99 (COVENIN, 1990 y COVENIN, 1999) (Tabla 3) para establecer la calidad molinera del arroz y en función de ella se determina su valor comercial (industria-consumidor) (Martínez, 1998). Existen además especificaciones oficiales y a nivel interno en la agroindustria, donde se establecen los criterios para los acuerdos de compra de la cosecha del productor, tomando como base el contenido de impurezas y humedad de los lotes de arroz recibidos.

Tabla 3. Requisitos para la clasificación del arroz blanco grano largo para consumo humano.

Características	Tipo de Arroz					Método de ensayo
	A	I	II	III	IV	
Granos partidos de 2da (% máx.)	3,0	5,0	10,0	25,0	> 25,0	COVENIN 3404
Granos partidos de 3era (% máx.)	0,1	0,2	0,5	0,8	1,0	
Granos yesosos (% máx.)	2,0	5,0	8,0	10,0	10,0	
Granos yesosos + panza blanca	5,0	13,0	17,0	21,0	21,0	

Fuente: COVENIN (1999)

1.5.2. Calidad culinaria

La calidad culinaria del arroz es el comportamiento del cereal luego de la cocción y varía de acuerdo a las costumbres y preferencias de cada región (Lyon y col., 2000); la misma depende de diversos factores (físicos, químicos y sensoriales), los cuales estarán determinados por el cultivar de arroz, el período de cultivo, las condiciones de siembra, el retraso y la zona de cosecha, así como por el manejo del grano una vez cosechado, entre otros factores.

Uno de los análisis más utilizados para evaluar la calidad culinaria del arroz, es de la determinación del contenido de amilosa aparente. Se ha establecido que esta fracción del almidón es la responsable de la consistencia del arroz y de su textura después de su cocción

(Celaya, 2003). El arroz se clasifica, de acuerdo a este contenido, como de alta, intermedia o baja amilosa (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación del contenido de amilosa en arroz.

Contenido de amilosa	Clasificación
28-33%	Alta
23-27%	Intermedia
<22%	Baja

Fuente: Torrealba y Parra (1999).

En Venezuela, se prefiere el arroz con un contenido de amilosa intermedio, entre 23 y 27% (Martínez y col., 1989).

1.5.2.1. Calidad sensorial

La calidad sensorial del arroz forma parte importante de la calidad culinaria, ya que está determinada por los mismos factores y es la que al final determina si el producto es idóneo para su consumo o lo que es lo mismo, su aceptabilidad a nivel de mercado (consumidor). La misma está relacionada con la evaluación de parámetros, tales como la apariencia, el aroma, el sabor y la textura, las cuales se realizan mediante pruebas que involucran la participación de panelistas entrenados o no, según se requiera de una descripción y/o cuantificación de las características o atributos sensoriales del arroz cocido o si se desea evaluar el grado de aceptabilidad. (Champagne y col., 1997, Windham y col., 1997; Champagne y col., 1998; Lyon y col., 1999; Meullenet y col., 1999; Kim y col., 2000; Lyon y col., 2000; Meullenet y col., 2000; Suwansri y Meullenet, 2004).

Es de resaltar que los consumidores venezolanos prefieren un arroz de grano largo, de aspecto suelto al cocinarse y de textura suave al enfriarse (Torrealba y Parra, 1999).

1.6. Sushi

El sushi es una comida de origen japonés a base de arroz cocido adobado con vinagre de arroz, azúcar, sal y otros ingredientes, incluyendo pescados o mariscos. Es uno de los más reconocidos de la gastronomía japonesa y uno de los más populares internacionalmente, se prepara generalmente en raciones pequeñas, aproximadamente del tamaño de un bocado y puede adoptar diversas formas. El sushi tiene una dieta equilibrada. Se compone de proteínas, carbohidratos y muy pocas grasas saturadas. (Kawasumi, 2001).

El gran éxito del Sushi no solo se le atribuye a su gran sabor, variedad y propiedades nutricionales, sino también a que es considerado un alimento “light” o ligero, el cual digerimos con una facilidad sorprendente, por los ingredientes que conforman una dieta balanceada (Kawasumi, 2001).

1.6.1 Mercado de sushi en Venezuela

El sector del mercado sushi ha crecido considerablemente durante los últimos años en Venezuela. Este crecimiento se demuestra por la constante apertura de nuevos establecimientos dedicados a este tipo de gastronomía, además de que es cada vez más frecuente encontrar referencias al sushi en los diversos medios de comunicación y esto ha despertado la curiosidad de un gran número de consumidores. (http://www.tormo.com/franquicias/Sushi_Ole/7977)

1.6.2 Arroz para Sushi

El sushi se prepara con un arroz blanco y dulce, de grano corto, llamado arroz japonés. El arroz generalmente se usa inmediatamente después de cocido y se deja que alcance la temperatura ambiente antes de poder usarlo para preparar este producto. (Kawasumi, 2001 y Kazuco, 2004).

El arroz de sushi es, por lo general, de la variedad *Japónica*, con una consistencia que difiere de las clases que se consume habitualmente fuera de Japón. La cualidad más importante es su textura cremosa y glutinosa; si se lava en exceso para eliminar el almidón superficial que proporciona la textura, resultará seco al comerlo (Kazuco, 2004).

Hay variaciones regionales en el arroz de sushi y por ende los [chefs](#) especializados tienen sus métodos de preparación. La mayoría de las variaciones se dan en el aderezo de vinagre de arroz: la versión del aderezo de [Tokio](#) usa más sal; en [Osaka](#), el aderezo tiene más azúcar. La preparación del arroz es el punto más importante en la elaboración del sushi, y buena parte de la formación de un chef se orienta a poder encontrar el punto exacto (Kawasumi, 2001).

1.7. Lavado de los granos de arroz

En el mundo existen más de 100.000 variedades de arroz; la mayoría de ellas se concentran en los países asiáticos y cada una presenta una composición específica y, por tanto, una cocción diferente en la que varía, tanto el método, como la cantidad de líquido. A esto debemos añadir que gracias a otras manipulaciones como puede ser el lavado del arroz, obtenemos resultados distintos con un mismo arroz (www.gastronomiacya.com, 2008).

El almidón está compuesto de dos sustancias, la amilosa y la amilopectina. La primera es soluble en agua y es muy importante para la calidad de la cocción, a mayor contenido de amilosa, menos pegajoso resulta una vez cocido. La segunda es insoluble en agua, responsable de que los granos se hinchen y de lo pegajoso que resulte cuando se cocina. Esto también nos explica que cada variedad de arroz es especial para preparar determinados platos (www.gastronomiacya.com, 2008).

A continuación, se presenta una serie de recetas, las cuales explican algunos de los métodos para lavar el arroz en la elaboración de sushi:

El primer paso a seguir es lavar muy bien los granos. Se deben hacer cambios de agua, como mínimo 3 de ellos, con el fin de lavar muy bien el grano y descartar la mayor parte de almidón posible. El grano está bien lavado cuando el agua del lavado del arroz es transparente y no blanquecina (Kawasumi, 2001).

a.1) Colocar una taza de arroz en un colador y mantenerla bajo el grifo del agua hasta que el arroz pierda el almidón. Al principio, el agua filtrada por el arroz será blanquecina y cuando el almidón haya desaparecido volverá a ser transparente (Kawasumi, 2001).

a.2) Agregar la taza de arroz en un envase y llenarlo de agua. Lavar el arroz (con la mano) en el recipiente y, entonces, drenar el arroz. Repita este proceso hasta el agua quede clara. Agregar el arroz en un colador y déjelo drenar en el fregadero por 45 minutos (www.gastronomiacya.com, 2008).

a.3) El secreto para que el arroz quede esponjoso y compacto es lavarlo muy bien con agua fría para quitarle todo el almidón (Kazuco, 2004).

a.4) El arroz no se coloca en un colador, ni se le pasa poca agua. Se debe colocar en un envase lleno de agua y amasar con la mano, agarrando un puñado y removiéndolo cuidadosamente con los dedos para que desprenda el almidón. Seguidamente, se desecha el agua del envase y se repite el proceso tantas veces como sea necesario hasta que el agua pierda el color blanquecino y quede transparente. Repetir el proceso 7 o 8 veces (www.gastronomiacya.com, 2008).

a.5) Remojar los granos de arroz 30 minutos en agua, para que empiecen a absorber el máximo de líquido (www.gastronomiacya.com, 2008).

1.8. Remojo de los granos de arroz

En muchos países asiáticos es práctica común someter al arroz a un proceso de remojo previo a la cocción, a fin de lograr una absorción de agua rápida y uniforme y una

cocción homogénea y en menor tiempo. Es importante destacar que esta absorción depende del contenido de amilosa y proteína, entre otros factores (Yadav y Jindal, 2007a).

Las condiciones durante el remojo (temperatura y duración) determinan las características de los granos cocidos. Se recomienda que este proceso se realice a temperaturas inferiores a la temperatura de gelatinización del almidón para minimizar la ruptura de los granos y la solubilización de los sólidos (Champagne y col., 1999; Han y Lim, 2009).

A continuación, se presenta una selección de las referencias más importantes y actualizadas relacionadas con el efecto del remojo sobre la calidad culinaria y propiedades asociadas del arroz.

Bello y col. (2004) estudiaron el efecto de algunos factores sobre la hidratación de muestras de arroz paddy, integral y pulido sometidas a remojo a distintas temperaturas (entre 25°C y 65 °C). Se notó un incremento de más de 4 veces en los coeficientes de difusión del arroz integral con respecto al arroz paddy y de casi dos ordenes de magnitud para el arroz pulido, si se compara con el arroz integral. Estos resultados permiten evidenciar que la cáscara y el salvado del arroz proporcionan una barrera a la difusión del agua. La cantidad de sólidos solubilizados del arroz paddy e integral permaneció baja y prácticamente constante durante el tiempo de remojo a las dos temperaturas consideradas, mientras que en el arroz pulido, este parámetro incrementó dramáticamente durante el remojo a 65°C. Los autores concluyeron que la razón principal para este comportamiento es la ausencia del salvado en el arroz pulido, el cual retarda la penetración del agua y, por lo tanto, la solubilización de los sólidos.

Yadav y Jindal (2007b) evaluaron los cambios en las dimensiones de granos de arroz pulido de 10 variedades tailandesas con diferentes contenidos de amilosa (16-29%) y

humedad (8, 12 y 16%), los cuales fueron sometidos a un proceso de remojo. Dichos cambios ocurrieron rápidamente en el inicio del mismo, para luego estabilizarse y además se observó que la forma del grano no cambió. En las muestras con un contenido de amilosa bajo a intermedio, se notó un mayor porcentaje de incremento en las dimensiones consideradas, si se comparan con las de mayor contenido de amilosa. Se concluyó que los cambios en las dimensiones (largo, ancho, perímetro y área proyectada) de los granos de arroz durante el remojo podrían predecirse al considerar su contenido de humedad inicial y algunas de sus propiedades.

Muramatsu y col. (2006) evaluaron las características de la absorción de agua de muestras de arroz paddy con diferentes grados de molienda (variación en el porcentaje de remoción del pericarpio y germen) durante el remojo a diferentes temperaturas (entre 5° y 40°C). Se determinó que la constante de la velocidad de absorción de agua de las muestras incrementó con la temperatura de remojo y con el grado de molienda, observándose que, en ambos casos, siguió una ecuación típica de tipo Arrhenius

Chakkaravarthi y col. (2008) estudiaron la cinética de cocción de granos de arroz, con y sin remojo, a dos condiciones de disponibilidad de agua (exceso y óptima). Se notó que la cocción siguió una cinética de primer orden y que en las muestras sin remojo cocinadas en exceso de agua hubo dos constantes de cocción. Esto se explica porque las etapas iniciales de este proceso están limitadas por la tasa de reacción de los componentes del arroz con el agua y por la difusión del agua del exterior al interior del grano, la cual disminuye en el tiempo porque hay una mayor proporción de grano cocinado que se convierte en una barrera física para esta difusión. En el caso de las muestras con remojo cocinadas en exceso de agua, el proceso de cocción se produce a una tasa uniforme debido a una hidratación más completa del grano durante el pretratamiento, lo que conlleva a una

mayor disponibilidad de agua para la gelatinización del almidón. También se apreció que en estas muestras (con remojo), la cocción fue más rápida.

Champagne y col. (2008) realizaron un estudio para determinar los efectos del remojo (30 minutos) sobre los atributos de “flavor” de diferentes muestras de arroz cocido y si era posible relacionar los cambios en su textura con las variaciones de estos atributos. Para ello, utilizaron 7 panelistas entrenados en análisis descriptivo cuantitativo de arroz y evaluaron 13 atributos de “flavor”. Se encontró un aumento en los atributos negativos (el más característico es el aroma a animal) y una disminución de los positivos (el más importante es el sabor dulce) en muestras con remojo, así como, en general, una reducción del tiempo de cocción, la dureza y de la gomosidad. Los resultados obtenidos para los atributos de textura no explicaron, en todas las muestras evaluadas, el incremento en los atributos negativos del “flavor”, el cual pudo asociarse con la aparición de aminoácidos azufrados libres.

Han y Lim (2009) estudiaron el efecto de las condiciones de remojo [temperatura (25° y 50°C) y contenido de humedad (20 y 30%)] sobre los atributos de textura y la digestibilidad del arroz integral cocido. Al aumentar la temperatura de remojo, se facilita la difusión del agua en los granos y la gelatinización del almidón durante la cocción, lo que resulta en un arroz más suave y digerible (mayor valor del índice glicémico). Las muestras con 20% de humedad fueron más firmes, menos adhesivas y menos digeribles que las de 30% de humedad. Si la cocción se realiza en el agua de remojo, el arroz resultante es más duro, adhesivo y menos digerible, lo cual indica que el material solubilizado en el remojo interactúa con el arroz gelatinizado durante la cocción.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

A. MATERIALES

Se utilizaron granos de dos cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivados en el estado Yaracuy (D-Primera y CT15705), los cuales fueron suministradas por la Fundación Danac (Edo. Yaracuy, Venezuela). Además, se empleó una muestra importada de arroz tipo sushi (Nishiki), la cual se adquirió en local de venta de productos para la elaboración de sushi y una muestra comercial venezolana (Sativa) que se adquirió en el mercado local.

A.1. Cultivares

A.1.1. CT15705

De CT15705 no se tiene descripción, pues se trata de un material experimental introducido del Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT) de Colombia, en los ensayos de Danac, para evaluar su adaptabilidad en Venezuela, sin embargo, se descartó como variedad de arroz de mesa debido a su elevada pegajosidad luego de la cocción en ensayos previos (comunicación personal de Manuel Ávila ,2011).

A.1.2. D-Primera

En un informe al servicio nacional de semillas (SENASA) certificaron a D-Primera como cultivar. Adicionalmente, en un artículo de Montoya, 2007, titulado “Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas”, se comenta algunas de las características relacionadas con este cultivar: El mejoramiento privado ha liberado algunas variedades de importancia comercial como D-Primera, de la Fundación DANAC (Torrealba y col., 2005).

Respecto a la calidad culinaria de D-Primera, presenta un contenido de amilosa bajo (15,40% y 15,92%), por lo cual no está en el intervalo de calidad culinaria del grano

exigido por el mercado venezolano (22-27%), con una tolerancia de 20-27%, según Páez (2004).

A.1.2.1. Manejo del cultivo de D-Primera

ENSAYO FRANJAS 1:

Ubicación: San Javier, Edo Yaracuy

Tamaño de la parcela: 20 m x 6 m = 120 m²

Siembra: 12/07/2010, con semilla pregerminada (24 horas de remojo + 48 horas de escurrido o incubación a la sombra). La densidad fue de 120 Kg de semilla por hectárea.

Riego: Intermitente por mojes. Se estableció la lámina de agua a los 25 a 30 días después de la siembra.

Fertilización: Se aplicaron 170 Kg/ha de nitrógeno, 60 Kg/ha de fósforo y 90 Kg/ha de potasio, de acuerdo la siguiente tabla:

TABLA 5. TABLA DE DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN APLICADOS A D-PRIMERA.

Fertilización	Días después de la siembra	Fuente	Kg/ha
Básica	10	12-24-12 + Urea	250 + 43,4
1er reabono	35	Urea + cloruro de potasio	130,4 + 50
2do reabono	55	Urea + cloruro de potasio	130,4 + 50

Control de malezas: A los 10 días después de la siembra (dds) con asperjadora de espalda, con Basagran M60 (3 L/ha) y Nominee (0,1 L/ha)

Cosecha: 04/11/2010, a los 115 dds.

**TABLA 6. TABLA DE DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS AL MOMENTO DE LA FLORACIÓN (FD9706)
D-PRIMERA.**

Caracteres varietales	Descripción	X	Mo	DE	CV (%)	Rango
1. -Variables cuantitativas						
Días a antesis	Número de días transcurridos desde la siembra, hasta el momento en que aparecen las primeras anteras en el 50% de las plantas.	86 dds	86			
Duración de la antesis	Días transcurridos desde que aparecen las primeras anteras en el 50% de las plantas, hasta la aparición de anteras en la última planta seleccionada.	6 días	6			
Longitud de la lámina de la hoja bandera	Es el valor en centímetros sobre la hoja bandera del tallo más alto, desde el ápice hasta el punto de unión de la lámina con la vaina.	23,72 cm	23	3,66	15,43	15,8-32,9
Ancho de la lámina de la hoja bandera	Es la distancia medida de borde a borde en la parte más ancha de la lámina de la hoja bandera del tallo más alto de la planta (medida en centímetros).	1,44 cm	1,5	0,13	9,06	1,2 - 1,7
Longitud de la lámina foliar (1era hoja)	Es el valor en centímetros, tomado desde la zona de unión de la vaina con el tallo, hasta la punta de la lámina foliar en la primera hoja por debajo de la hoja bandera del tallo más alto.	34,40 cm	33	4,95	14,40	24,9-45,9
Ancho de la lamina foliar (1era hoja)	Es la distancia, medida de borde a borde, en el lugar más ancho de la hoja, en la primera hoja por debajo de la hoja bandera, del tallo más alto.	1,13 cm	1,20	0,12	10,96	0,9 - 1,5
Longitud de la lígula	Se mide en milímetros, desde la base del cuello hasta la punta de la lígula.	15,35 mm	15	3,17	20,63	1,0 - 2,1
Número de hojas muertas	Es la cantidad de hojas muertas que tiene la planta en el momento de la floración.	14,03	12	6,14	43,75	6,0 - 32

X: Promedio, Mo: Moda; DE: Desviación estándar y CV (%): Coeficiente de variación en porcentaje

B. MÉTODOS

Los análisis que se mencionan a continuación se realizaron por triplicado para cada cultivar (D-Primera y CT15705) y las muestras comerciales de arroz de grano largo (Sativa) y grano corto (Nishiki), según aplique.

C. DISEÑO EXPERIMENTAL

En este estudio se planteó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron definidos por la combinación de dos cultivares de arroz y dos muestras comerciales de arroz de grano largo y grano corto y dos condiciones de pretratamiento (lavado-remojo y remojo-lavado). La unidad experimental estuvo constituida por muestras de arroz de aproximadamente 1,5 Kg., las cuales fueron acondicionadas para realizarle los análisis de interés.

D. ANÁLISIS DE LOS GRANOS DE ARROZ

1. Calidad molinera

Para evaluar la calidad molinera de las muestras D-Primera y CT15705, se procedió a realizar su descascarado y pulido en el Laboratorio de Calidad de Granos y Semillas de la Fundación Danac, San Javier, Edo. Yaracuy.

Las metodologías realizadas para cumplir esta etapa fueron ubicadas en las Normas Venezolanas de Arroz Paddy (COVENIN, 1990) y de Arroz Blanco grano largo (COVENIN, 1999),

1.1. Granos yesosos

Se pesaron 100 g de granos de arroz pulido. Luego se pesaron 25 g de muestra sin granos partidos de tercera, se distribuyeron en una bandeja de fondo negro y se procedió a

separar con una pinza los granos yesosos que posteriormente se pesaron. Los resultados se expresaron de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de granos yesosos} = \text{PY} \times 4$$

Donde: PY = peso de granos yesosos en g.

1.2. Granos panza blanca

Se pesaron 100 g de granos de arroz pulido. Luego se pesaron 25 g de muestra sin granos partidos de tercera, se distribuyeron en una bandeja de fondo negro y se procedió a separar con una pinza los granos panza blanca que posteriormente se pesaron. Los resultados se expresaron de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de granos panza blanca} = \text{PPB} \times 4$$

Donde: PPB = peso de granos panza blanca en g

Según la Tabla 7, en Venezuela se utiliza la Norma COVENIN 44-90, para clasificar el tipo de arroz de acuerdo a las características de su porcentaje de granos yesosos y granos panza blanca.

Tabla 7. Características tipo de arroz según la Norma COVENIN 44-90.

Características	Tipo de arroz			Método de ensayo COVENIN 44-90
	I	II	II	
Granos yesosos (%) Máx.	5,0	7,0	9,0	
Granos panza blanca (%) Máx.	7,0	9,0	11,0	
Granos yesosos + panza blanca (%) Máx.	11,0	13,0	17,0	

E. ANÁLISIS DE LA HARINA DE LOS GRANOS DE ARROZ

2. Análisis químicos, físicos y reológicos de la harina de los granos de arroz.

2.1. Análisis químicos

2.1.1. Preparación de las muestras

Se tomaron submuestras de aproximadamente 100 g de grano entero de cada muestra y se sometieron a un proceso de molienda en un molino de martillo (Royal Triumph, Barcelona, España); posteriormente, el producto resultante se pasó por tamices ASTM de 60 y 100 mesh. La harina de 100 mesh se empleó para la determinación de la amilosa aparente y la harina de 60 mesh para las determinaciones del perfil amilográfico y del contenido de humedad, cenizas, proteína cruda y grasa cruda, respectivamente.

2.1.2. Humedad

El contenido de humedad se determinó por el método oficial de la “American Association of Cereal Chemists”, N° 44-15.02 (AACC, 2004).

2.1.3. Cenizas

El contenido de cenizas se determinó por el método oficial de la “American Association of Cereal Chemists”, N°08-01.01 (AACC, 2004).

2.1.4. Proteína cruda

El contenido de proteína cruda se determinó por el método oficial de la “American Association of Cereal Chemists” N° 46-13.01 (AACC, 2004) y se empleó el factor 5,95 para realizar los cálculos correspondientes (Juliano, 1985).

2.1.5. Grasa cruda

El contenido de grasa cruda se determinó por el método oficial de la “American Association of Cereal Chemists” N° 30-25.01 (AACC, 2004).

2.1.6. Amilosa aparente

Se determinó por el método descrito por Juliano (1971), con algunas modificaciones realizadas según el criterio de evaluación del Laboratorio de Calidad de Granos y Semillas de la Fundación Danac (resaltando estas modificaciones con letras en negrita). Se colocó

100 mg de harina de arroz (100 mesh) en una fiola de 50 mL, luego se le añadió 1 mL de solución de etanol al 95% (v/v) y 9 mL de solución de hidróxido de sodio 1N; posteriormente, se colocó la fiola en una cámara de agua hirviente por **9 minutos** y se dejó enfriar por **30 minutos**. Luego se transfirió cuantitativamente a un balón aforado de 100 mL, se llevó a volumen con agua destilada y, finalmente, se agitó. Esta fue la solución I.

Se transfirió 1 mL de la solución I a un balón aforado de 100 mL, se le añadió 1 mL de una solución de ácido acético 1N y 2 mL de solución de yodo (0,2 g de yodo y 2 g de yoduro de potasio, se llevó a volumen con agua destilada en un balón aforado de 100 mL); posteriormente, se aforó con agua destilada, se agitó y se dejó en reposo por **1 hora**. Luego se determinó la absorbancia en un espectrofotómetro a 620 nm contra un blanco. La lectura que se obtuvo se llevó a una curva estándar que se realizó previamente [pesar 40 mg de amilosa (preferiblemente de arroz) en una fiola de 50 mL, se agregó 1 mL de solución de etanol al 95% (v/v) y 9 mL de la solución de hidróxido de sodio 1N; posteriormente, se colocó en una cámara de agua hirviente por **9 minutos** y se dejó enfriar por **30 minutos** se transfirió cuantitativamente a un balón aforado de 100 mL. Colocar alícuotas de 1, 2, 3, 4 y 5 mL de esta solución en igual número de balones aforados de 100 mL y se acidificó con la solución de ácido acético 1N (0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1,0 mL, respectivamente) y se continuó con el procedimiento descrito anteriormente a partir de la adición del ácido acético].

2.2. Análisis físicos en granos de arroz pulido.

2.2.1. Color

Se realizó la evaluación del color de las muestras de arroz pulido con un colorímetro Hunter Lab Color Flex, modelo CX1819 (Figura 1), con una placa blanca estándar ($L = 93,54$, $a = -0,81$ y $b = 1,58$) y se midieron los parámetros L^* , a^* y b^* , donde L^* representa la luminosidad, con una escala de valores que varía desde “0” para el color negro hasta

“100” para el color blanco, a^* corresponde al matiz (tonalidad del color), rojo-verde (valores positivos = rojo y valores negativos = verde), b^* (intensidad del color), amarillo-azul (valores positivos = amarillo y valores negativos = azul) (Good, 2002).

Asimismo, se determinó el ΔE (diferencia de color) a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

$\Delta L = L^*$ de la muestra - L^* de su par con pretratamiento, según aplique.

$\Delta a = a^*$ de la muestra - a^* de su par con pretratamiento, según aplique.

$\Delta b = b^*$ de la muestra - b^* de su par con pretratamiento, según aplique.

Se determinó el índice de blancura (IB) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$WI = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{1/2}$; L^* , a^* y b^* de cada una de las muestras con y sin pretratamiento (Leelayuthsoontorn y Thipayarat, 2006).



Figura 1. Colorímetro Hunter Lab Color Flex, modelo CX1819.

2.3. Análisis reológicos

2.3.1. Perfil amilográfico

El perfil amilográfico se realizó de acuerdo a la metodología descrita en el método oficial de la “American Association of Cereal Chemists” N° 61-01.01 (AACC, 2004). Se

determinaron los valores de temperatura de empaste; viscosidad máxima, media y final; “setback”; “breakdown” y consistencia.



Figura 2. Equipo Rapid Visco Analyser (RVA).

F. ANÁLISIS DE LOS GRANOS DE ARROZ COCIDOS

3. Calidad culinaria

3.1. Pruebas de cocción

Estas pruebas se realizaron según la metodología descrita por Martínez y col. (1989), con algunas modificaciones y utilizando ollas arroceras de 6 tazas, marca Black & Decker con medidor de granos de arroz (Figura 3). Se pesó una medida de granos de arroz, que equivale aproximadamente a 110 g de la muestra de arroz pulido, se midió su volumen en un cilindro graduado de 1.000 mL (**Vac**), se colocaron en la olla arrocera agregándole 2 medidas de agua (la cual coincidió con la franja interna de la olla arrocera para medida del agua), luego se encendió la olla, presionando el botón de encendido hacia abajo. La aparición de la luz roja, indica que ha comenzado la cocción. Luego el botón sube automáticamente y pasa a encender la luz amarilla, el cual señala que ha finalizado la cocción y comienza un proceso de calentamiento en los granos de arroz. A partir de ese momento, se tomaron de la olla, minuto a minuto, 10 granos de arroz y se colocaron en un

portaobjetos, luego se presionaron los granos con otro portaobjetos. Y se observó si había opacidad como lo indica Juliano y col. (1969); en el momento que el 90% de los granos no presentaron opacidad en el centro, allí se dio por finalizado el proceso. Se midió y se pesó el volumen de la totalidad del arroz cocido con un cilindro graduado de 1.000 mL (**V_{dc}**). Es de resaltar que el manual de la olla arrocera indica que el tiempo de cocción podría estar dentro de los 15 minutos después de la cocción.



Figura 3. Olla arrocera de 6 tazas, Black & Decker y medidor de granos de arroz.

3.1.1. Tiempo de cocción

Se consideró este tiempo como aquel desde que se agrega el arroz en la olla arrocera hasta el final de la cocción, según Juliano y col. (1969) y Martínez y col. (1989).

3.1.2. Relación expansión volumétrica

Según Perdon y col. (1997), es la relación entre el volumen que ocupa el arroz después de la cocción (**V_{dc}**) y el arroz sin cocinar (**V_{ac}**).

3.1.3. Relación de absorción de agua

Se pesó el arroz cocido y se calculó la absorción de agua como la relación entre el peso del arroz cocido y el peso de arroz sin cocinar, según Lee y col. (1995) y Perdon y col. (1997).

3.1.4. Cantidad de agua evaporada

Según Park y col. (2001), este parámetro se determina con la siguiente ecuación:

$$We = (R + W) - Rc.$$

Donde: We = cantidad de agua evaporada en g, R = peso del arroz sin cocinar en g, W = peso del agua añadida en g y Rc = peso del arroz cocido en g.

4. Análisis físicos

4.1. Perfil de textura

La textura del arroz cocido se evaluó en un analizador de textura modelo TA-XT2 (Texture Technologies Corp., New York, USA). El equipo se ajustó para los parámetros y condiciones operativas: 1) velocidad de pre-ensayo (velocidad de descenso de la celda antes de la compresión) a 0,5 mm/s, 2) velocidad de la prueba a 0,5 mm/s (la velocidad con la que se realizará la compresión), 3) velocidad post-ensayo (la velocidad una vez que se ha realizado la compresión), a 10,0 mm/s, 4) altura del plato a la celda a 15 mm, 5) compresión de la muestra a 90% y 6) peso de celda 5 kg. Luego se realizó la prueba, seleccionando 20 granos cocidos de arroz y atemperados, según la sección 3.1. En el perfil de textura (curva Tiempo (s) vs. Fuerza (g)), se determinaron los parámetros: 1) dureza (pico mayor en la primera curva), 2) cohesividad (relación del área debajo de la segunda compresión al área de la primera compresión), 3) elasticidad (relación de la distancia recorrida por la celda en la dos curvas) y 4) adhesividad (área negativa de la primera curva, representada por el trabajo de separar la celda de la muestra). Asimismo, el software del

equipo permitió disponer de los siguientes parámetros: "stringiness", gomosidad y masticabilidad (Figura 4).



Figura 4. Analizador de textura modelo TA-XT2

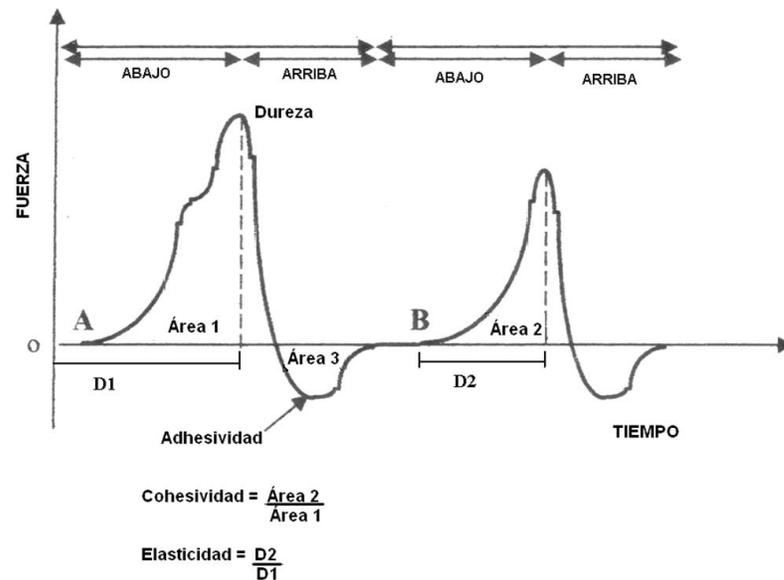


Figura 5. Curva típica de un análisis de perfil de textura (Bourne, 2002).

4.2. Color

El color de las muestras de arroz cocido se determinó de acuerdo a la sección 2.2.1.

5. Análisis químicos

5.1. Humedad

El contenido de humedad se determinó con la metodología propuesta por Chen y Siebenmorgen (1997), excepto por el peso de la muestra: en vez de utilizar 15 g, se

utilizaron 3 g de arroz cocido, los cuales se colocaron en una cápsula tarada y a peso constante y se ubicaron en una estufa a 130 °C por 24 h. Luego se retiraron de la estufa, se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron. El porcentaje de humedad se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de humedad} = [\text{Pac (g)} - \text{Pas (g)}] / \text{Pac (g)} \times 100$$

Donde: Pac = peso arroz cocido y Pas = peso de arroz seco.

6. Pretratamiento de remojo y lavado de las muestras de arroz

En la Tabla 6 se presentan los pretratamientos de remojo y lavado que se aplicaron en este estudio. Es de resaltar que los mismos son propuestas preliminares que fueron consultadas en las referencias bibliográficas (Bello y col., 2004; Muramatsu y col., 2006; Yadav y Jindal, 2007b; Chakkaravarthi y col., 2008; Champagne y col., 2008; Han y Lim, 2009; y recetas (Kawasumi, 2001; Kazuco, 2004 y www.gastronomiacya.com, 2008) que se estandarizaron durante el desarrollo de esta investigación.

Tabla 8. Pretratamientos a aplicar a las diferentes muestras de arroz.

Muestras	Pretratamiento Remojo-Lavado	Pretratamiento Lavado-Remojo
D-Primera	Remojar en agua a temperatura ambiente durante 30 minutos y lavar 3 veces	Lavar 3 veces y remojar en agua a temperatura ambiente
CT 15705	Remojar en agua a temperatura ambiente durante 30 minutos y lavar 3 veces	Lavar 3 veces y remojar en agua a temperatura ambiente
Arroz comercial grano corto	Remojar en agua a temperatura ambiente durante 30 minutos y lavar 3 veces	Lavar 3 veces y remojar en agua a temperatura ambiente
Arroz comercial grano largo	Remojar en agua a temperatura ambiente durante 30 minutos y lavar 3 veces	Lavar 3 veces y remojar en agua a temperatura ambiente

	ambiente durante 30 minutos y lavar 3 veces	temperatura ambiente
--	---	----------------------

Nota: para el remojo se empleó una relación arroz/agua 1:2 y el lavado se realizó, realizando 3 cambios de agua potable y descartando al anterior (con la misma relación arroz/agua usada en el remojo) y se cocinó en una nueva fracción de agua. Cada muestra tuvo su correspondiente muestra control (sin pretratamiento).

6.1. Secado de los granos de arroz pretratados

Luego de realizarle el pretratamiento a los granos de arroz pulido de las diferentes muestras, se procedió a secarlas para poder molerlas, tamizarlas y evaluarlas según el procedimiento descrito en la sección 2.1.1., A diferencia que en este caso, se utilizaron 50 g de grano entero de las muestras.

El secado se realizó así: Se tomaron submuestras de aproximadamente 50g de grano entero de cada una de las muestras pretratadas, se distribuyeron uniformemente en bandejas de aluminio de 16x8cm, debidamente identificadas y se introdujeron en una estufa a 130°C por 35 minutos, hasta llegar a su peso inicial. Cabe destacar que este procedimiento es el resultado de pruebas preliminares y fue estandarizado.

F. ANÁLISIS QUÍMICOS, FÍSICOS Y REOLÓGICOS DE LOS GRANOS DE ARROZ PRETRATADOS

6.1. Preparación de las muestras

En todas las muestras pretratadas luego de secadas (sección 6.1.), ser debidamente molidas y tamizadas, se determinó el contenido humedad (sección 2.1.2.), contenido de amilosa aparente (sección 2.1.6.) y el perfil amilográfico (sección 2.3.1.).

6.2. Calidad culinaria, análisis físicos y químicos de las muestras pretratadas

Las muestras pretratadas se cocinaron según el procedimiento señalado en la sección 3.1.1. y se les realizaron todas las determinaciones indicadas en las secciones 3, 4 y 5.

6.3. Evaluación sensorial

En las muestras de arroz con y sin pretratamiento de remojo y lavado ya cocinadas en ollas arroceras electricas, se evaluó el brillo, el tamaño del grano, el color y la adhesividad de manera visual a través de una escala estructurada con la utilización de un panel entrenado, tomando como punto de partida los lineamientos descritos por Pedrero y Pangborn (1997) y Meilgaard y col. (2007) (Sección 5.1. de los resultados y discusión).

Una vez obtenidos los resultados de este análisis sensorial y con base en los mismos, se procedió a definir la estrategia para continuar con la siguiente fase, es decir, la elaboración del sushi y su evaluación sensorial involucrando consumidores habituales del mismo (Sección 5.2. de los resultados y discusión).

7. Análisis de los resultados

El análisis estadístico de los resultados obtenidos realizó a través de un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías (factores) con interacción, por medio del programa estadístico SAS JMP, Versión 7.0.2 (SAS, 2007), a fin de determinar si hubo un efecto estadísticamente significativo, a un nivel de 1%, del pretratamiento de remojo y lavado y del tipo de muestra sobre las características de las muestras de arroz en estudio.

Con respecto a los resultados del análisis sensorial (evaluación del brillo, la adhesividad, el tamaño del grano y el color, de las muestras de manera visual) se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía (factores), para establecer si existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) de estos atributos entre las distintas muestras con

pretratamiento ya cocinadas con respecto a un control. Los resultados de la evaluación sensorial del sushi (Sección 5 de los resultados y discusión) se analizaron a través de un anova de una vía (factores) para evaluar si habian diferencias en la aceptabilidad entre las muestras para los atributos considerados (apariencia, aroma, sabor, textura y apreciación global).

Asimismo, se utilizó este paquete estadístico para realizar pruebas de correlación, a un 1% de significancia, entre los diferentes parámetros considerados (Meilgaard y col., 2007).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Análisis de las muestras de arroz pulido

En la Tabla 9 se presenta la significación de los cuadrados medios de las variables físicas y químicas de las muestras de arroz pulido utilizadas en este estudio.

Tabla 9. Significación de los cuadrados medios de las variables físicas y químicas de las muestras de arroz pulido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Análisis Físicos			Análisis Químicos		
		%GY	%GPB	Humedad	Cenizas	Proteína cruda	Grasa cruda
Arroces	3	35,07**	72,69**	0,15**	0,01**	10,5**	0,15**
Total	3						

%GY: Porcentaje de granos yesosos.

%GPB: Porcentaje de granos panza blanca.

** : Significativos a nivel de $p < 0,01$.

* : Significativos a nivel de $p < 0,05$.

1.1 Análisis físicos

1.1.1. Porcentaje de granos yesosos (%GY)

Según la Norma COVENIN N° 1641 (COVENIN, 1999), los granos yesosos son aquellos granos descascarados y pulidos, enteros o partidos de segunda, que presentan un aspecto opaco como de yeso o de tiza en un 50% ó más de su superficie.

Una alta proporción de estos granos es indeseable, en vista de que se afecta la calidad molinera, culinaria y la apariencia del producto final (CIAT, 1989; Kim y col., 2000 y Lisle y col., 2000); se ha demostrado que las partes yesosas del grano tienen una mayor dureza y una mayor temperatura y entalpía de gelatinización (ΔH) (Singh y col., 2003; Cheng y col., 2005); estos dos últimos factores son los causantes del deterioro de la calidad culinaria, debido al aumento de la energía necesaria para la gelatinización. Además, el color yesoso ejerce un efecto negativo en el aspecto visual del arroz (Cheng y col., 2005).

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las muestras para el %GY a un nivel de $p < 0,01$ (Tabla 9). En la Tabla 10 se observa que la comparación de medias formó 3 grupos en esta variable, encontrándose el primer grupo con Nishiki (A), que exhibió el mayor %GY, el segundo grupo (B) formado por D-Primera y el tercero (C) con Sativa y CT15705. De acuerdo con la Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela N° 39.208, del 26-06-2009, Sativa clasifica como arroz tipo I (máximo 8 %GY), mientras que D-Primera clasifica como arroz tipo I (máximo 5 %GY), según la Norma 44-90 (COVENIN, 1999) de arroz paddy (Anexo A). No se clasifica CT15705 porque es un material experimental y Nishiki para la Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela N° 39.208, del 26-06-2009, clasificaria como tipo II (Maximo 10%).

Tabla 10. Comparación de medias para la variable %GY.

Muestra		%GY
D-Primera	B	4,15
Nishiki	A	8,30
Sativa	C	0,95
CT15705	C	1,21

%GY: Porcentaje de granos yesosos.

Los valores representan el promedio de 3 réplicas.

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

1.1.2. Porcentaje de granos panza blanca (%GPB)

Los granos panza blanca son los granos descascarados y pulidos, enteros o partidos de segunda, de apariencia cristalina, que presentan en su parte ventral interna una mancha blanca almidonosa inherente a la variedad, según la Norma COVENIN N° 1641 (COVENIN, 1999). Existen discrepancias entre distintos investigadores sobre el origen y la clasificación de estos granos, ya que los diferencian de los yesosos (Livore, 2002), mientras que para Lisle y col. (2000) y otros autores (Champagne, 2004), no se hace tal distinción, considerando un origen similar; pese a esto, en nuestro país aún se acepta el concepto diferencial entre los granos yesosos y panza blanca.

Para el porcentaje de granos panza blanca, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las muestras a un nivel de $p < 0,01$ (Tabla 9). Los resultados obtenidos pueden apreciarse en la Tabla 11, la cual presenta la comparación de medias de dicha variable. De acuerdo con la Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela N° 39.208, del 26-06-2009, Sativa clasifica como arroz tipo I (máximo 17 % GY+GPB), mientras que D-Primera clasifica como arroz tipo III (máximo 11% GPB), según la Norma 44-90 (COVENIN, 1999) de arroz paddy (Anexo A). No se clasifica CT15705 porque es un material experimental y Nishiki para la Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela N° 39.208, del 26-06-2009, clasificaría como tipo III (máximo 21 % GY+GPB),

Tabla 11. Comparación de medias para la variable %GPB.

Muestra		%GPB
D-Primera	B	11,52
Nishiki	A	15,28
Sativa	D	3,96
CT15705	C	7,36

%GPB: Porcentaje de granos yesosos.

Los valores representan el promedio de 3 réplicas.

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

Se obtuvo una correlación positiva de 0,91 entre el %GPB y el %GY a un nivel de significancia del 1%. Es decir, que estos parámetros se encuentran proporcional y altamente relacionados (ANEXO C, Tabla C1). De hecho, se mantiene este orden decreciente para ambos parámetros (%GY y %GPB): Nishiki > D-Primera > CT15705 > Sativa.

1.2. Análisis químicos

1.2.1. Humedad

El contenido de humedad es un factor importante que determina la calidad y conservación de los cereales durante su almacenamiento.

Este parámetro puede variar por diversos factores, como son, el proceso de secado y los cambios ambientales, ya que los granos, por su naturaleza higroscópica, absorben ó ceden humedad dependiendo de la temperatura y la humedad relativa del aire que los rodea (Martínez y col., 1989).

Los resultados obtenidos para el contenido de humedad pueden observarse en la Tabla 12, que presenta la comparación de medias para dicha variable. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las muestras a un nivel de $p < 0,01$ (Tabla 9). D-Primera se ubicó en el primer grupo (14,09%), Sativa perteneció al primer y segundo grupo (14,01%), CT15705 estuvo ubicado en el segundo y tercer grupo (13,80 %) y, finalmente, Nishiki formó el tercer grupo (13,60%).

Según la Tabla de Composición de Alimentos (INN, 2001), el contenido máximo de humedad del arroz blanco es 13%, por lo que los valores de todas las muestras resultaron ligeramente superiores a este valor, y se esperaría que afecte la textura del arroz luego de cocinarlo, es decir, un poco más suave.

Tabla 12. Comparación de medias para la variable humedad.

Muestra		Humedad (%)
D-Primera	A	14,09
Nishiki	C	13,60
Sativa	A B	14,01
CT15705	B C	13,80

Los valores representan el promedio de 3 réplicas.

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

1.2.2. Cenizas

Las cenizas constituyen la materia orgánica de los alimentos y las mismas contienen los macro y micronutrientes que son de interés nutricional, tales como el calcio, fósforo, entre otros.

Para esta variable, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las muestras a un nivel de $p < 0,01$ (Tabla 9).

En la Tabla 13 se presenta la comparación de medias de la variable cenizas para cada una de las muestras. Se encontró que la muestra Sativa estuvo ubicada en un grupo diferente a las demás, siendo éste el grupo A, con un valor de 0,54%, mientras que D-Primera, Nishiki y CT15705 estuvieron en el grupo B, con valores de 0,42; 0,40 y 0,42%, respectivamente, siendo D-Primera y CT15705 similares al contenido de cenizas de Nishiki.

Según la Tabla de Composición de Alimentos (INN, 2001), el contenido máximo de cenizas del arroz blanco es 0,5 %, por lo que los valores de D-Primera, Nishiki, y CT15705 fueron ligeramente menores, mientras que para Sativa fue aproximadamente igual (0,54%).

Tabla 13. Comparación de medias para la variable cenizas.

Muestra		Cenizas (%)
D-Primera	B	0,42
Nishiki	B	0,40
Sativa	A	0,54
CT15705	B	0,42

Los valores representan el promedio de 3 réplicas.

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

Los valores reportados se encuentran en base seca.

1.2.3. Proteína cruda

Las proteínas del arroz están constituidas por albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas y su contenido está afectado por las condiciones edafoclimáticas, los fertilizantes, las prácticas y los tratamientos del cultivo (Matsuo y col., 1993)

El tipo de arroz, la clase y la cantidad de proteínas afectan significativamente el uso final del grano, además de contribuir con la calidad culinaria del mismo (Chen y col., 1998).

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las muestras a un nivel de $p < 0,01$ (Tabla 9).

En la Tabla 14 se muestra la comparación de medias para la variable proteína cruda de cada una de las muestras de arroz pulido evaluadas. El mayor contenido de proteína cruda fue para Sativa (9,39%), seguido por el grupo conformado por CT15705 y D-Primera (7,30 y 6,86%, respectivamente) y, finalmente, el menor valor correspondió a Nishiki con 4,31%.

Según la Tabla de Composición de Alimentos (INN, 2001), el contenido máximo de proteína cruda del arroz blanco es 8,1 %, por lo que todos los valores fueron inferiores al mismo, a excepción de Sativa, cuyo valor fue ligeramente superior.

Tabla 14. Comparación de medias para la variable proteína cruda.

Muestra		Proteína cruda (%)
D-Primera	B	6,86
Nishiki	C	4,31
Sativa	A	9,39
CT15705	B	7,30

Los valores representan el promedio de 3 réplicas.

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

Los valores reportados se encuentran en base seca y para su cálculo se utilizó la expresión % Proteína cruda= % N x 5,95.

1.2.4. Grasa cruda

Los lípidos del arroz constituyen un grupo químico diverso que incluyen lípidos neutros, glicolípidos y fosfolípidos. Su distribución en el grano no es uniforme, con una alta proporción en las capas exteriores y decreciendo progresivamente hacia el centro del grano (Zhou y col., 2002).

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las muestras a un nivel de $p < 0,01$ (Tabla 9).

Los resultados obtenidos para el contenido de grasa cruda pueden apreciarse en la Tabla 15, que presenta la comparación de medias de dicha variable. El mayor contenido de grasa cruda fue para Sativa (0,40%), seguido por Nishiki (0,15%) y, finalmente, por el grupo conformado por CT15705 y D-Primera, cuyos valores fueron, 0,07 y 0,06%, respectivamente.

Según la Tabla de Composición de Alimentos (INN, 2001), el contenido máximo de grasa cruda del arroz blanco es 0,7 %, por lo todos los valores de fueron inferiores al mismo.

Tabla 15. Comparación de medias para la variable grasa cruda.

Muestra	(%)	Grasa	cruda
D-Primera		C	0,06
Nishiki		B	0,15
Sativa	A		0,40
CT15705		C	0,07

Los valores representan el promedio de 3 réplicas.

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

Los valores reportados se encuentran en base seca.

Se encontró una correlación negativa ($p < 0,01$) entre el porcentaje de proteína cruda y el %GY ($r = - 0,89$) y el %GPB ($r = - 0,85$) y una correlación positiva ($p < 0,01$) entre el contenido de grasa y de cenizas ($r = 0,90$) entre el contenido de grasa y cenizas (Anexo C, Tabla C1).

2. Análisis de las muestras de arroz pulido con pretratamiento

2.1. Análisis físicos

2.1.1. Color

Entre los parámetros empleados en la industria como estrategia básica para la identificación de las preferencias del consumidor, se encuentra el color, éste puede determinar la aceptación o no de un producto, de manera que a partir de él puede

garantizarse la satisfacción del consumidor en cuanto a sus expectativas sensoriales, en especial, en productos formulados. En el caso del arroz pulido, es un atributo de calidad importante, ya que se asocia a un grado de procesamiento adecuado y a una mayor aceptabilidad por parte del consumidor (Lamberts y col., 2007).

El método más utilizado en la industria de alimentos para la medición del color es el de la colorimetría de triestímulos, la cual se basa en el uso de luz blanca proveniente de una fuente-patrón de la CIE (International Commission on Illumination), que incide sobre la muestra bajo un ángulo de 0° y es reflejada a un ángulo de 45° (reflexión difusa) o viceversa. La luz reflejada pasa a través de filtros, siendo medida por una fotocélula (Ferreira, 1981).

En la Tabla 16 puede observarse la significación de los cuadrados medios de los parámetros asociados al color para cada una de las fuentes de variación consideradas.

Tabla 16. Significación de los cuadrados medios de los parámetros asociados al color de las muestras de arroz pulido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Color				
		L*	a*	b*	ΔE	IB
Arroz	3	45,2**	4,28**	4,57**	7,94**	37,63**
Pretratamiento	2	74,41**	2,23**	4,7**	0,29ns	69,04**
Arroz x Pretratamiento	6	2,38**	0,17**	0,39ns	0,80*	1,21**
Total	11					

** : Significativos a nivel de $p < 0,01$.

* : Significativos a nivel de $p < 0,05$.

ns: No significativo.

2.1.1.1. Parámetro L*

En el sistema de colores CIE - Lab, los valores de luminosidad L* varían de cero (negro) a 100 (blanco) (Beering, 1999; García y Calixto, 2000 y Good, 2002).

En la Tabla 16 se aprecia que el parámetro L^* resultó afectado ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; en el Gráfico 1 se observan los valores de CT15705, D-Primera, Nishiki y Sativa, con y sin pretratamiento. Los resultados más resaltantes del mismo son: 1) el orden creciente entre las muestras sin pretratamiento fue $CT15705 < D-Primera < Sativa < Nishiki$, 2) el orden creciente para las muestras remojo-lavado fue $D-Primera < CT15705 < Nishiki < Sativa$, 3) el orden creciente entre las muestras con lavado-remojo fue $D-Primera < CT15705 < Nishiki \approx Sativa$ y 4) los valores para cada muestra fueron similares entre pretratamientos y visiblemente superiores a los resultados de las muestras no pretratadas.

En síntesis, de lo anterior se podría indicar que el orden observado en las muestras tratadas y no tratadas se mantuvo, con algunas excepciones, por lo que Nishiki y Sativa fueron las más blancas, seguidas por D-Primera y CT15705. Además, los pretratamientos ocasionaron un notable aumento del parámetro L^* , posiblemente, por la migración de compuestos del grano hacia el agua de remojo y/o lavado y/o al interior del grano, lo que produjo que las muestras de arroz pulido fueran más blancas.

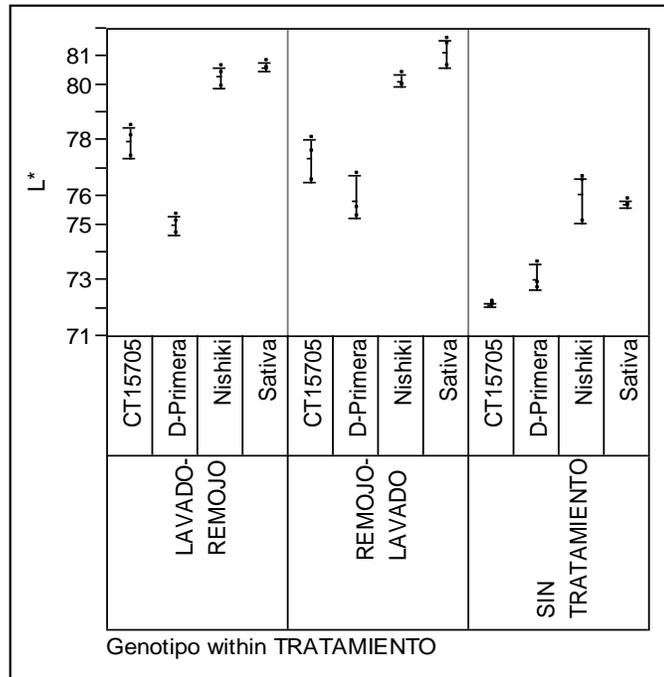


Gráfico 1. Variación del parámetro L* de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

2.1.1.2. Parámetro a*

El matiz a* indica el ángulo hue (tono) en una escala de verde (-60) a rojo (+60) (Beering, 1999; García y Calixto, 2000 y Good, 2002).

El parámetro a* fue afectado ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz por pretratamiento (Tabla 16). En el Gráfico 2 se muestran los valores correspondientes a CT15705, D-Primera, Nishiki y Sativa, con y sin pretratamiento. Del mismo se puede indicar los siguiente: 1) el orden creciente entre las muestras sin pretratamiento fue Nishiki < CT15705 < Sativa < D-Primera, 2) el orden creciente para las muestras con remojo-lavado fue Nishiki < CT15705 \approx Sativa < D-Primera, 3) el orden creciente entre las muestras con lavado-remojo fue Nishiki < Sativa < CT15705 < D-Primera y 4) los valores fueron iguales entre tratamientos (a excepción de CT15705 y D-Primera) e inferiores a los datos de las muestras no pretratadas.

En síntesis, de lo anterior se podría indicar que el orden observado en las muestras tratadas y no tratadas se mantuvo, con algunas excepciones, CT15705 y Sativa cambian de posición cuando son pretratadas, Nishiki presentó los menores valores de a^* , mientras que D-Primera, los mayores valores, más o menos la tendencia contraria a la observada para L^* . Además, los pretratamientos ocasionaron la disminución de a^* , posiblemente, como ya se indicó para el parámetro L^* , por la migración de compuestos hacia el agua de remojo y/o lavado y/o al interior del grano.

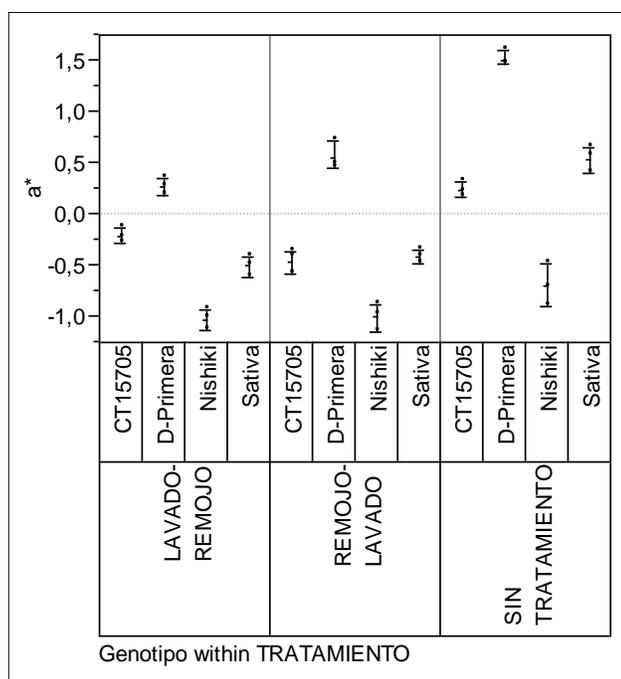


Gráfico 2. Variación del parámetro a^* de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

2.1.1.3. Parámetro b^*

La intensidad b^* indica el ángulo *hue* (tono) en una escala de azul (-60) a amarillo (+60) (Beering, 1999; García y Calixto, 2000 y Good, 2002).

De acuerdo a la Tabla 16, el parámetro b^* resultó afectado por los factores arroz por pretratamiento. Asimismo, en la Tabla 17 se presentan la comparación de medias para

ambas fuentes de variación. En la misma se aprecia que el mayor valor de b^* correspondió a D-Primera (17,69), seguida por Nishiki y Sativa (16,72 y 16,37, respectivamente) y, finalmente, se encuentran Sativa (16,37) y CT15705 (16,04). Asimismo, la aplicación de los pretratamientos ocasionó una reducción de los valores de b^* , de 17,43 a 16,36 para las muestras con remojo-lavado y a 16,33 para las muestras con lavado-remojo. Esta disminución fue producto de la posible lixiviación de los compuestos al agua de remojo y/o lavado y/o al interior del grano, tal y como se señaló para L^* y a^* .

Tabla 17. Comparación de medias para el parámetro b^* de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

Fuente de Variación		b^*
Arroz		
D-Primera	A	17,69
Nishiki	B	16,72
Sativa	B C	16,37
CT15705	C	16,04
Tratamiento		
SIN TRATAMIENTO	A	17,43
REMOJO-LAVADO	B	16,36
LAVADO-REMOJO	B	16,33

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

Se encontró una correlación negativa ($p < 0,01$) entre L^* y a^* ($r = - 0,74$) y b^* ($r = - 0,56$) y una correlación positiva entre a^* y b^* ($r = 0,72$) (Anexo C, tabla C2). Como ejemplo de lo anterior se encuentran D-Primera, que presentó los mayores valores de a^* y b^* y menores valores de L^* y Nishiki, que mostró los mayores valores de L^* y los menores valores de a^* .

2.1.1.4. Parámetro diferencia de color (ΔE)

El parámetro ΔE define la magnitud de la diferencia de color total a través de una diferencia de valores de L^* , a^* y b^* con respecto a un estándar, pero no proporciona información acerca de cómo cambia el color. Según Gonnet (1988) y Good (2002), si el

valor de ΔE es superior a 1, esta diferencia es perceptible a simple vista. Es importante destacar que para el cálculo de este parámetro, se utilizó como muestra control la muestra sin pretratamiento para cada tipo de arroz.

En la Tabla 16 se observa que el factor arroz y la interacción arroz x pretratamiento afectaron a este parámetro y en el Gráfico 3 se puede apreciar lo siguiente: 1) el orden creciente para las muestras con lavado-remojo fue D-Primera < Nishiki < Sativa < CT15705, 2) se conformaron los grupos D-Primera \approx Nishiki, Nishiki \approx CT15705 \approx Sativa para el remojo-lavado y 3) todos los valores fueron iguales entre los pretratamientos, a excepción de CT15705, donde se observaron valores superiores en las muestras con lavado-remojo.

De lo anterior se podría inferir: 1) que hubo una diferencia perceptible del color de todas las muestras pretratadas con relación a su respectivo control, en vista que sus valores de ΔE fueron superiores a 1 y 2) que la muestra CT15705 fue afectada de manera distinta por los pretratamientos, siendo el lavado-remojo el que produjo la mayor modificación. Es importante resaltar que esta muestra fue la que presentó los menores de L^* e IB, lo cual pudiera ser interesante, en caso tal que este cambio en su apariencia, una vez tratada con lavado-remojo, sea favorable para su aceptabilidad por parte del consumidor.

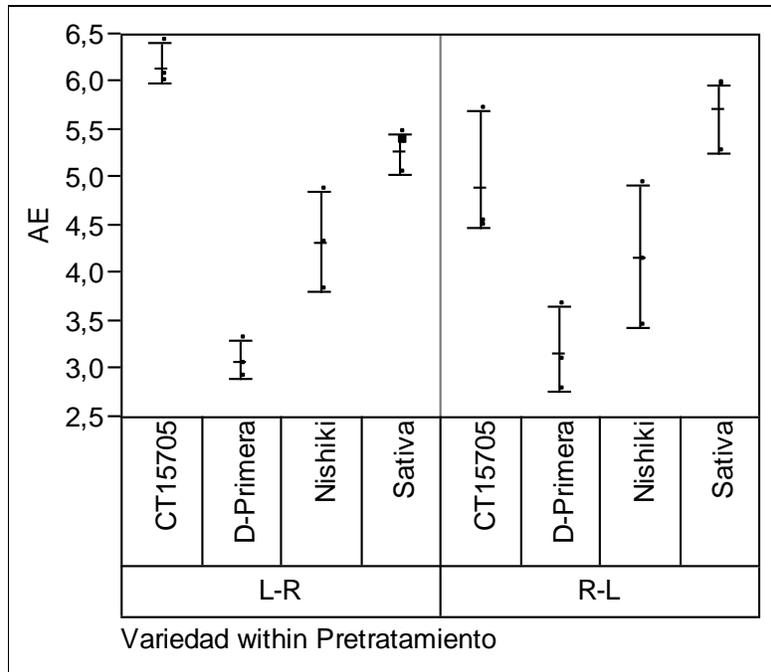


Gráfico 3. Variación del (ΔE) de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento. L-R = lavado-remojo y R-L = remojo-lavado.

2.1.1.5. Parámetro Índice de Blancura (IB)

El índice de blancura es un parámetro que depende de L^* , a^* y b^* y se calculó de acuerdo a la fórmula indicada en la Sección 2.2.1 de Materiales y Métodos.

Un blanco opaco perfecto con 100% de reflectancia a lo largo del espectro visible, tiene un índice de blancura (WI) de 100,00. La mayoría de los materiales blancos tienen un WI de 80. El índice de blancura disminuye si la muestra se oscurece (tiene una menor reflectancia) o si vuelve más amarilla, ya que la mayoría de las muestras blancas que pierden esa propiedad tienden hacia el amarillo (ISO, 2004).

En la Tabla 16 se aprecia que el IB resultó afectado ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; en el Gráfico 4 se observan los valores de CT15705, D-Primera, Nishiki y Sativa, con y sin pretratamiento. Los resultados más resaltantes del mismo son: 1) el orden creciente entre las muestras sin pretratamiento fue $CT15705 \approx D\text{-Primera} < Nishiki \approx Sativa$, 2) el orden creciente para las muestras con

remojo-lavado y lavado-remojo fue D-Primera < Ct15705 < Nishiki < Sativa y 3) los valores para cada muestra fueron iguales entre pretratamientos y visiblemente superiores a los resultados de las muestras no pretratadas. Si lugar a dudas que el resultado mas resaltante fue el notable aumento del IB producto de los pretratamientos, lo cual fue el resultado de las variaciones particulares de los parámetros L*, a* y b*, producto de la posible migración de los compuestos al agua de remojo y/o lavado y/o al interior de grano.

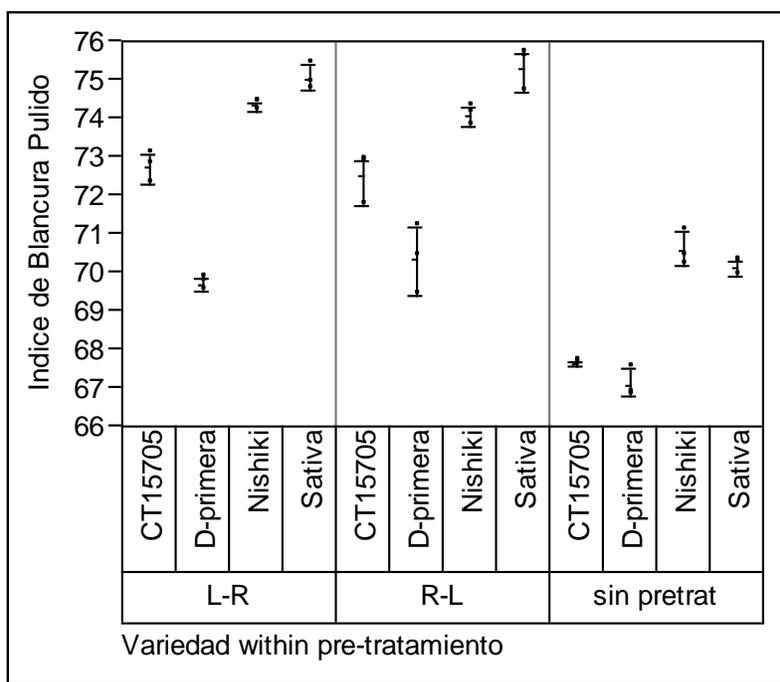


Gráfico 4. Variación del parámetro índice de blancura de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.
L-R: lavado-remojo y R-L: remojo-lavado.

Este incremento de L* y el de IB, así como la disminución de a* y b* en las muestras evaluadas, como resultado de los pretratamientos utilizados, es interesante y altamente deseable, en vista que para un producto tipo sushi, se prefiere un arroz con un alto grado de blancura.

De acuerdo a Han y Lim (2008), los valores de los parámetros de color dependen de la humedad de los granos de arroz, el tiempo de remojo y de la temperatura; asimismo

indican que durante este proceso (remojo), se produce un aumento de la difusión del agua al grano, lo cual acelera la migración de los componentes y, por lo tanto, los cambios de color.

2.2. Análisis químicos

En el Cuadro 10 se presenta la significación de los cuadrados medios de los análisis químicos de las muestras de arroz pulido para cada una de las fuentes de variación consideradas.

Tabla 18. Significación de los cuadrados medios de los análisis químicos de las muestras de arroz pulido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Humedad (%)	Amilosa aparente
Arroz	3	15,23**	80,63**
Pretratamiento	2	8,41**	15,75**
Arroz x Pretratamiento	6	3,91**	0,93**
Total	11		

** : Significativos a nivel de $p < 0,01$.

2.2.1. Humedad

En La Tabla 18 se aprecia que el contenido de humedad resultó afectado ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; y en el Gráfico 5 puede apreciarse lo siguiente: 1) los valores para el tratamiento remojo-lavado fueron superiores a los del tratamiento lavado-remojo, 2) para CT15705 y D-Primera, los tratamientos produjeron un aumento de este contenido, con relación a las muestras no tratadas, mientras que para Nishiki y Sativa, se observó la tendencia contraria y 3) en términos generales, el orden en el contenido de humedad de las muestras tratadas y no tratadas se mantuvo constante entre ellas, presentando D-Primera los mayores valores, mientras que Nishiki exhibió los menores valores.

El incremento del contenido de humedad de las muestras con remojo-lavado respecto a las muestras con lavado-remojo, podría atribuirse a la mayor difusión del agua del exterior al interior de grano al realizar el remojo primero; es probable que al lavar el grano antes del remojo, se forme una película que actúa como barrera para impedir la migración del agua al interior y, por ende, en estas muestras su contenido de humedad fue menor. Adicionalmente la capacidad de absorber agua es diferente entre los arroces.

El hecho que Nishiki y Sativa mostraron un mayor contenido de humedad sin los pretratamientos pudiera ser el reflejo de una estructura física de sus granos más compacta, que no favoreció este proceso de migración bajo las condiciones empleadas en este estudio o la cantidad de salvado remanente luego del pulido que puede representar una barrera física que evita el flujo de agua al interior del grano.

Genkawa y col. (2010) observaron que el contenido de humedad aumenta cuando los granos de arroz pulido se someten al proceso de remojo, ya que se acelera el proceso de difusión del agua.

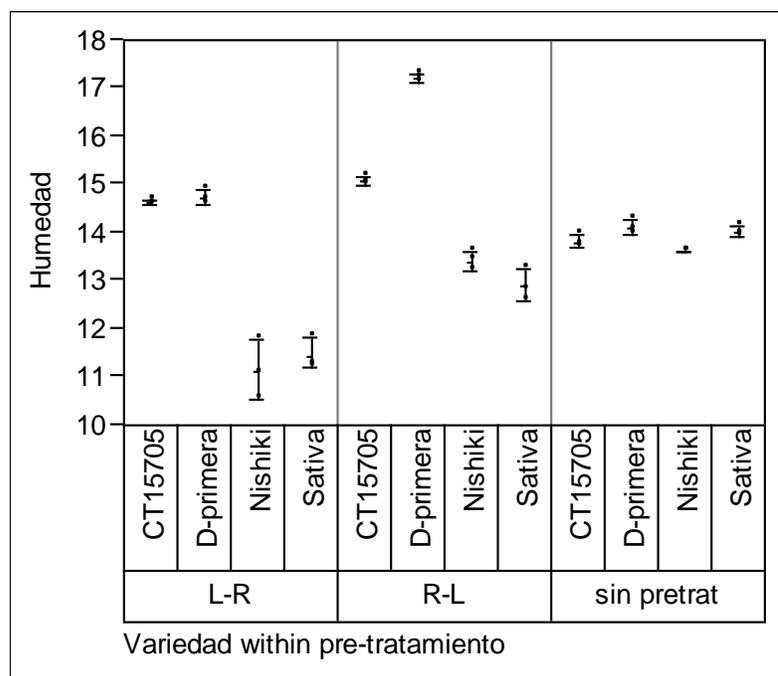


Gráfico 5. Variación del contenido de humedad de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.
L-R: lavado-remojo y R-L: remojo-lavado.

2.2.2. Amilosa aparente

El término “contenido de amilosa aparente” se refiere al resultado de la determinación donde la misma es cuantificada a través de un método colorimétrico, el cual se basa en la formación de un complejo coloreado con el yodo sin un desgrasado previo (Himmelsbach y col., 2001)

Juliano (1985) señala que el contenido de amilosa aparente determina las características de cocción, la textura, la absorción de agua, la dureza, la expansión volumétrica, la blancura y el brillo del arroz.

En la Tabla 18 se aprecia que el contenido de amilosa aparente resultó afectado ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; los resultados más importantes que pueden visualizarse en el gráfico 6 son: 1) el orden creciente para este contenido es D-Primera < CT15705 < Nishiki < Sativa, 2) los pretratamientos aumentaron este contenido, 3) todas las muestras con remojo-lavado presentaron un mayor contenido de amilosa aparente que las muestras con lavado-remojo, a excepción de CT15705, donde se obtuvo lo contrario y 4) Sativa se mantuvo, independientemente del tratamiento, como la muestra con mayor contenido de amilosa aparente. El aumento de la amilosa se atribuye a la lixiviación de otros componentes no amiláceos del endospermo durante el pretratamiento con agua lo que implementa la concentración del almidón de la muestra y por ende la amilosa.

Este incremento, como consecuencia de los pretratamientos, pudo deberse a una redistribución de la amilosa desde las capas internas, donde está en mayor proporción, a las capas externas del grano, producto de la difusión de humedad por el remojo, el cual se

realizó en los dos pretratamientos; Lyon y col. (1999) señalan que el contenido de almidón y amilosa incrementan hacia el centro del grano de arroz.

Nuestros resultados contrastan a lo señalado por Han y Lim (2008) quienes indicaron disminución de la amilosa debido a que es más soluble en agua que la amilopectina, por ser de menor tamaño y que, por ello, tiene mayor movilidad; también indicaron que su contenido aumenta dependiendo de la humedad de la muestra y de las condiciones de temperatura y tiempo de remojo del arroz.

Con los valores de amilosa encontrados para CT15705 y D-Primera se esperarían que los arroces luego de la cocción resulten pegajosos y húmedos, que es lo típico de arroces sushi.

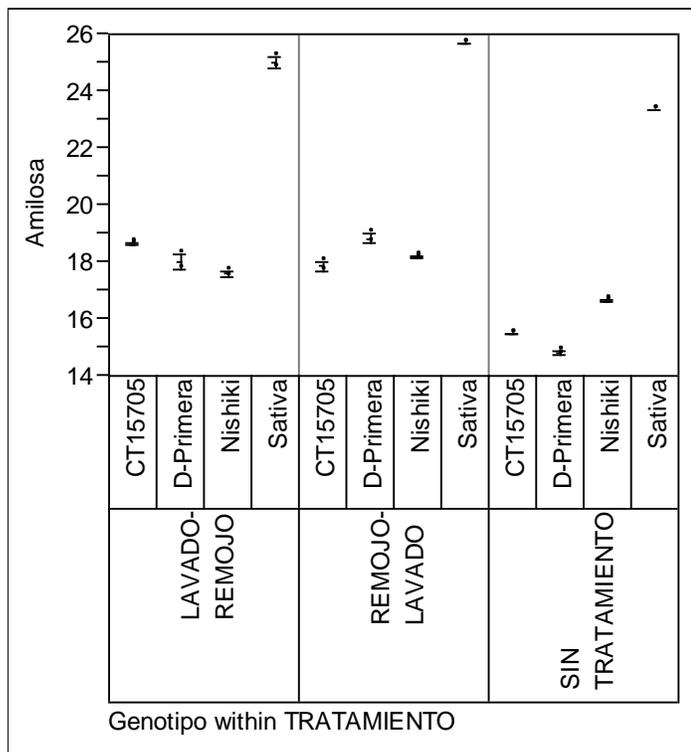


Gráfico 6. Variación del contenido de amilosa aparente de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

De acuerdo a Torrealba y Parra (1999), todas las muestras se clasifican como de amilosa baja, excepto Sativa, debido a que sus contenidos de amilosa aparente son

inferiores a 22% (Tabla 4). Estas diferencias de amilosa existen entre variedades comerciales nacionales y variedades para sushi son ampliamente conocidas, esta es una de las razones porque los arroces nacionales no son recomendadas para la elaboración de sushi.

2.3. Análisis reológicos

2.3.1. Perfil amilográfico

En la Tabla 19 se presenta la significación de los cuadrados medios de las variables del perfil amilográfico de las muestras de arroz pulido para cada una de las fuentes de variación consideradas.

Tabla 19. Significación de los cuadrados medios de las variables del perfil amilográfico de las muestras de arroz pulido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Temperatura de empaste (°C)	Perfil de amilográfico					
			Viscosidad Máxima	Viscosidad Media	Breakdown	Viscosidad Final	Setback	Consistencia
Arroz	3	102,9**	3260,14* *	4025,17* *	12908,37* *	25925,88* *	43730,53* *	10052,35**
Pretratamiento Arroz X	2	54,22**	1259,22* *	527,39**	3312**	309,91**	2790,96**	37,756*
Pretratamiento	6	10,88**	401,94**	172,75**	145,88**	351,55**	149,9**	107,41**
Total	11							

** : Significativos a nivel de $p < 0,01$

* : Significativos a nivel de $p < 0,05$

2.3.1.1. Temperatura de empaste

En la Tabla 19 se aprecia que la temperatura de empaste resultó afectada ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; en el Gráfico 7 puede notarse lo siguiente: 1) el orden creciente para esta temperatura fue D-Primera < Nishiki < CT15705 < Sativa, similar al observado para el contenido de amilosa aparente (Sección 2.2.2.), 2) en términos generales, los dos tratamientos ocasionaron un aumento en

esta temperatura, notándose que los valores de las muestras con lavado-remojo fue superior a las muestras con remojo-lavado, 3) el orden creciente entre muestras para los distintos tratamientos fue D-Primera < Nishiki < CT15705 < Sativa para el lavado-remojo y Nishiki < D-Primera < CT15705 < Sativa para el remojo-lavado, para ambos casi el mismo observado para las muestras control y 4) CT15705 y D-Primera aumentaron su valor de temperatura de empaste con la aplicación de los pretratamiento, siendo estos valores ligeramente mayores en lavado-remojo.

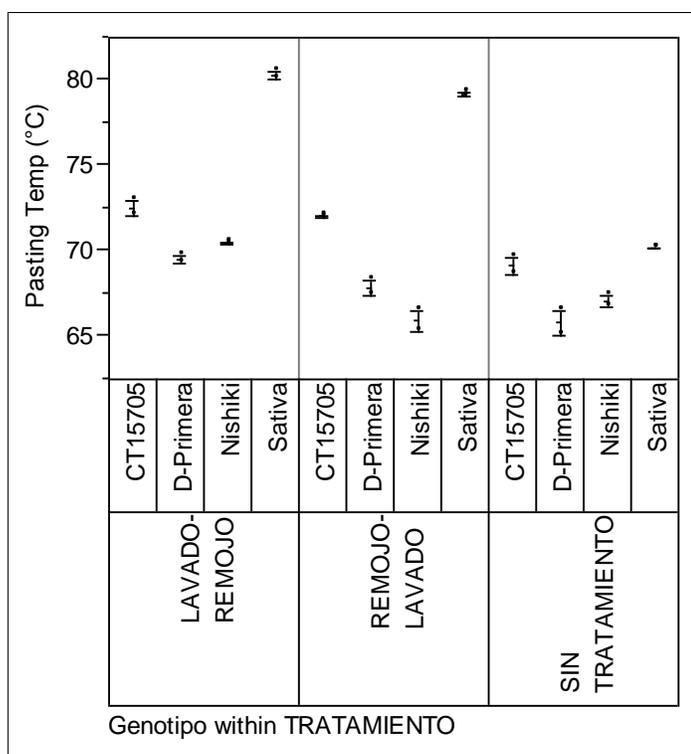


Gráfico 7. Variación de la temperatura de empaste de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

2.3.1.2. Viscosidad máxima

La viscosidad máxima se refiere al mayor valor de viscosidad alcanzado durante el calentamiento de una suspensión de almidón en agua (Limpisut y Jindal, 2002) y corresponde al punto en el cual los gránulos de almidón se hinchan hasta alcanzar su mayor nivel de absorción de agua, como consecuencia de la gelatinización; este proceso es

irreversible y, además del colapso en el orden molecular del gránulo, ocurren también otros cambios, como la fusión de los cristales nativos, la pérdida de la birrefringencia y la solubilización del almidón (Atwell y col., 1988).

En la Tabla 19 se aprecia que la viscosidad máxima resultó afectada ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; en el Gráfico 8 puede notarse lo siguiente: 1) el orden creciente para esta viscosidad fue Sativa < Nishiki \approx D-Primera < CT15705, 2) los dos tratamientos ocasionaron una disminución de esta viscosidad, 3) para CT15705 y D-Primera, los valores de las muestras con lavado-remojo fueron superiores a las de remojo-lavado, mientras que para Nishiki y Sativa se obtuvo la tendencia contraria y 4) Los arroces responden de modo diferente de acuerdo al tratamiento salvo CT15705 la cual mantuvo siempre valores superiores con respecto al resto de los arroces, lo que refleja el mayor grado de hinchamiento de sus gránulos.

La disminución de esta viscosidad en las muestras con pretratamientos evidenció un menor hinchamiento granular, como respuesta al mayor ordenamiento generado por los mismos, hecho que se observó a través del aumento de la temperatura de empaste de estas muestras (Sección 2.3.1.1.).

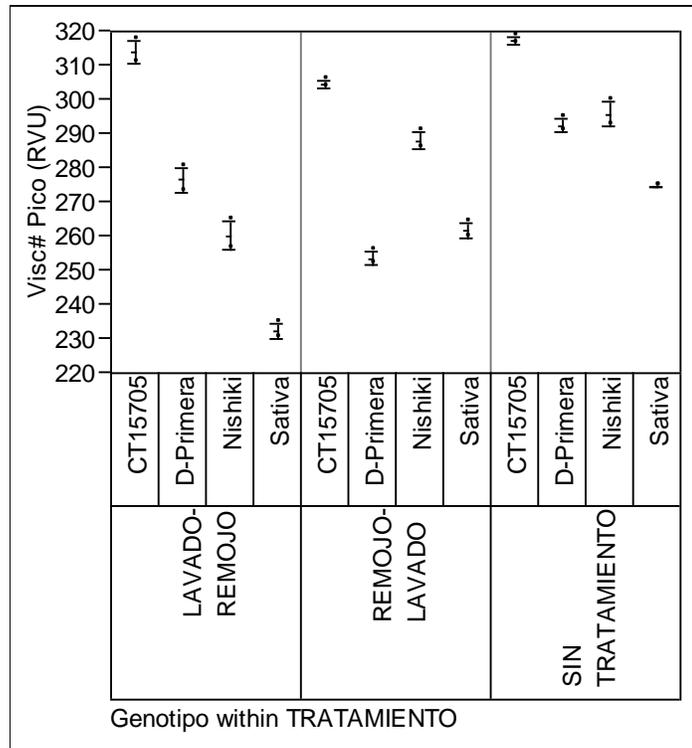


Gráfico 8. Variación de la viscosidad máxima de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

2.3.1.3. Viscosidad media

Una vez alcanzada la viscosidad máxima, los gránulos de almidón se rompen por efecto de la agitación y los polímeros lixivian provocando una disminución de la viscosidad, hasta llegar a un punto llamado viscosidad media (V_m) (Atwell y col., 1988; Ávila, 2002) de la pasta.

En la Tabla 19 se aprecia que la viscosidad media resultó afectada ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; en el Gráfico 9 puede notarse lo siguiente: 1) el orden creciente para esta viscosidad fue D-Primera \approx CT15705 < Nishiki < Sativa, casi el orden inverso observado para la viscosidad máxima, 2) los dos tratamientos ocasionaron un aumento de esta viscosidad, 3) para CT15705 y D-Primera, los valores de las muestras con lavado-remojo fueron superiores a las de remojo-lavado, mientras que para Nishiki y Sativa se obtuvo la tendencia contraria, tal cual a lo

ocurrido para la viscosidad máxima y 4) básicamente, el orden se mantuvo, con Sativa como la muestra con mayor viscosidad media, independientemente del tipo de tratamiento efectuado y, por ende, con la mayor integridad granular.

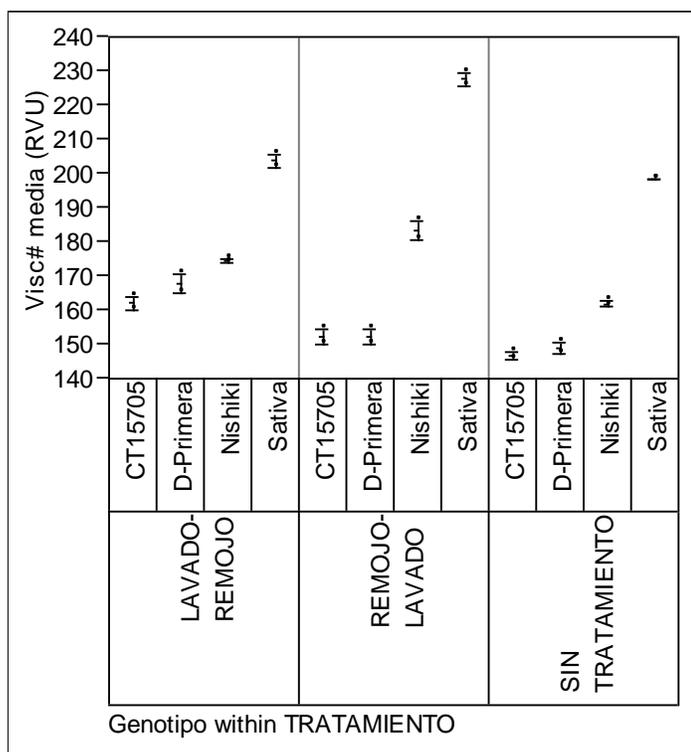


Gráfico 9. Variación de la viscosidad media de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

2.3.1.4. “Breakdown”

“breakdown”; se obtiene de la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad media. El mismo permite inferir sobre el comportamiento y la estabilidad del gránulo de almidón ante la cocción (Ávila, 2002).

En la Tabla 19 se aprecia que el “breakdown” fue afectado ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; en el Gráfico 10 puede notarse lo siguiente: 1) el orden creciente para este parámetro fue Sativa < Nishiki < D-Primera < CT15705, 2) los dos tratamientos ocasionaron una disminución del mismo y 3)

básicamente, el orden se mantuvo, con CT15705 como la muestra con mayor “breakdown”, independientemente del tipo de tratamiento efectuado, es decir que mostró la mayor fragilidad de sus gránulos durante el calentamiento a temperatura constante con agitación.

Evidentemente que los valores del “breakdown” son el resultado de las variaciones de los parámetros de los cuales se obtiene (viscosidad máxima y viscosidad media). Sin embargo, es posible indicar que en las muestras con pretratamientos hubo una mayor estabilidad de sus gránulos de almidón durante la cocción.

Los cambios de estructura en las muestras con tratamiento previo con agua y shock térmico sin pretratamiento, afecta la estabilidad del grano durante la cocción.

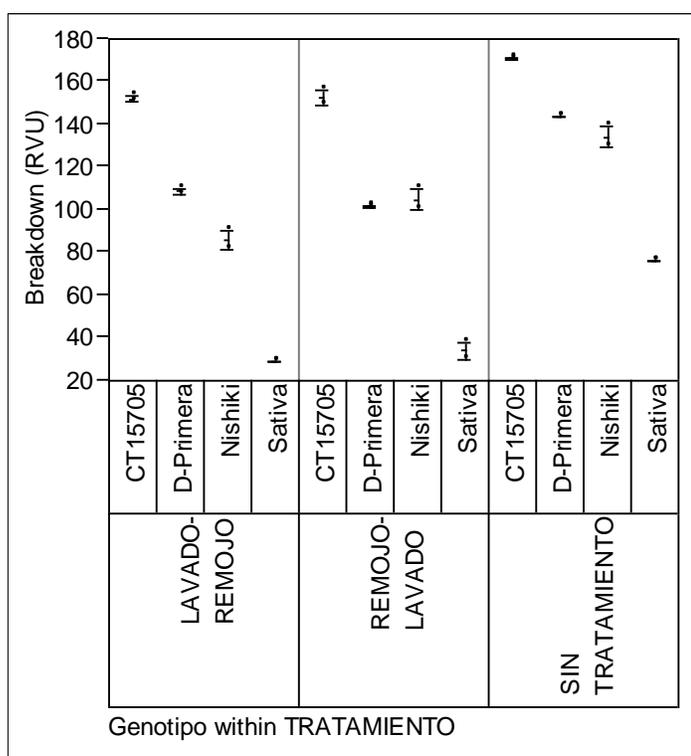


Gráfico 10. Variación del “breakdown” de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

2.3.1.5. Viscosidad final

La viscosidad al final de la prueba, es decir, la viscosidad de la pasta fría.

En la Tabla 19 se aprecia que la viscosidad final fue afectada ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; en el Gráfico 11 puede notarse lo siguiente: 1) el orden creciente para esta viscosidad fue CT15705 < Nishiki < D-Primera < Sativa, 2) en términos generales, los dos pretratamientos ocasionaron un aumento de la misma, 3) para CT15705 y D-Primera, los valores de las muestras con lavado-remojo fueron superiores a los de las muestras con remojo-lavado, siendo lo contrario a lo observado para Nishiki y Sativa y 4) básicamente, el orden se mantuvo, con Sativa como la muestra con mayor viscosidad final y CT15705 con el menor valor, independientemente del tipo de tratamiento efectuado, es decir, que mostraron la mayor y menor tendencia a retrogradar, respectivamente, mientras que D-Primera y Nishiki están definiendo la interacción.

El hecho que los dos pretratamientos hayan ocasionado un incremento en esta viscosidad, estaría vinculado al incremento del contenido de amilosa de estas muestras (Sección 2.2.2.), ya que esta molécula es la que se asocia, principalmente, al proceso de retrogradación del almidón.

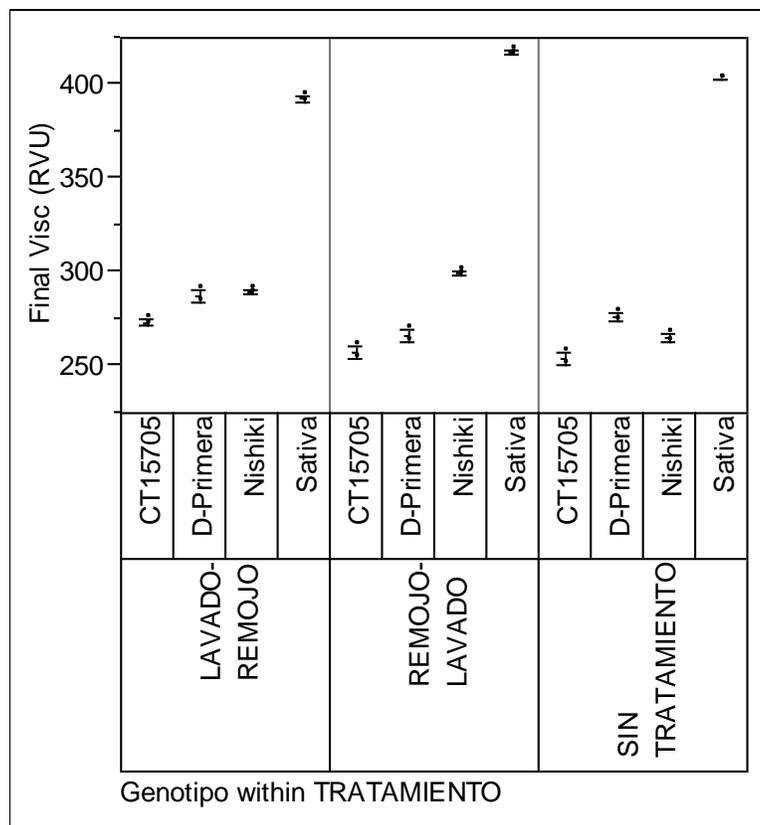


Gráfico 11. Variación de la viscosidad final de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

2.3.1.6. Asentamiento o “setback”

El asentamiento o “setback” resulta de la diferencia entre la viscosidad final y la viscosidad máxima (mientras mayor sea la diferencia, mayor el asentamiento); está íntimamente relacionado con la retrogradación del almidón, el cual es un proceso que ocurre durante el enfriamiento de la pasta y se entiende como el reordenamiento molecular del almidón gelatinizado a pequeños agregados cristalinos insolubles reasociados en una estructura más estable (Ávila, 2002).

En la Tabla 19 se aprecia que el “setback” resultó afectado ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; en el Gráfico 12 puede notarse lo siguiente: 1) el orden creciente fue CT15705 < Nishiki < D-Primera < Sativa, exactamente el mismo orden que para la viscosidad máxima, 2) los dos tratamientos

ocasionaron un aumento de este parámetro, 3) los valores de las muestras con lavado-remojo fueron iguales a los de remojo-lavado, a excepción de Nishiki, donde las muestras con lavado-remojo presentaron un mayor “setback” y 4) básicamente, el orden se mantuvo, con Sativa como la muestra con el mayor valor y CT15705 con el menor valor, independientemente del tipo de tratamiento efectuado, es decir, que mostraron la mayor y menor tendencia a retrogradar, respectivamente, mientras que D-Primera y Nishiki son los que están contribuyendo con la interacción, tal cual a lo indicado para la viscosidad final (Sección 2.3.1.5).

Indiscutiblemente que el “setback” es función de los parámetros viscosidad final y viscosidad máxima, si bien es posible indicar que las muestras con pretratamientos evidenciaron un aumento en este índice, o sea, de su tendencia a retrogradar.

A nivel culinario cambios en el “setback”, implican cambios de textura resultando arroces más pegajosos y menos sueltos.

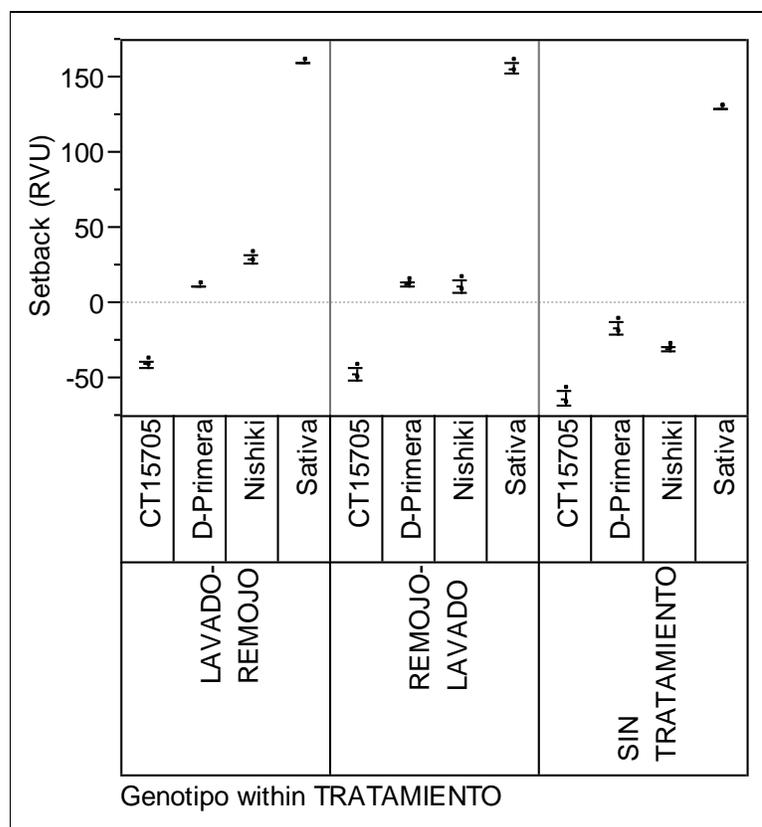


Gráfico 12. Variación del “setback” de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

2.3.1.7. Consistencia

En la Tabla 19 se aprecia que la consistencia resultó afectada ($p < 0,01$) por los factores arroz y la interacción arroz x pretratamiento y por el factor ($p < 0,05$); en el Gráfico 13 puede notarse lo siguiente: 1) el orden creciente para este parámetro fue $CT15705 \approx Nishiki < D-Primera < Sativa$, casi exactamente el mismo orden que para la viscosidad media y el “setback”, 2) no hubo una tendencia definida para el efecto de los tratamientos con respecto a las muestras control, 3) los valores de las muestras con lavado-remojo fueron iguales a las de remojo-lavado para Nishiki y Sativa, mientras que para CT15705 y D-Primera, las muestras con lavado-remojo presentaron una mayor consistencia que las muestras con remojo-lavado y 4) básicamente, el orden se mantuvo, con Sativa y

CT15705 como la muestras con mayor y menor consistencia, respectivamente, independientemente del tipo de tratamiento efectuado.

Al igual que para la viscosidad final y el “setback”, la consistencia de las muestras pretratadas fue superior a las muestras control, lo cual es el resultado de los cambios producidos en los parámetros con los que se calcula, es decir, la viscosidad final y la viscosidad media.

En resumen, los pretratamientos utilizados en este estudio ocasionaron un aumento de la temperatura de empaste, la viscosidad media, la viscosidad final, el “setback” y de la consistencia y una disminución de la viscosidad máxima y del “breakdown”, notándose, en algunos casos, una diferencia que dependió del tipo de arroz evaluado y menores diferencias se encontraron en el orden en que se aplica el lavado y el remojo.

Como lo indicaron Han y Hamaker (2001) y Champagne (2004), entre los factores que afectan las propiedades del “pasting” y del perfil amilográfico del almidón se encuentran el contenido de amilosa, proteínas y lípidos, así como la estructura de la amilopectina y la amilosa, el genotipo, las condiciones ambientales, el grado de pulido y el manejo postcosecha; por lo tanto, era de esperarse encontrar algunas diferencias en el comportamiento amilográfico de las muestras de consideradas en este estudio, no solo como producto de los tratamientos considerados, sino de las variaciones debidas a las muestras utilizadas.

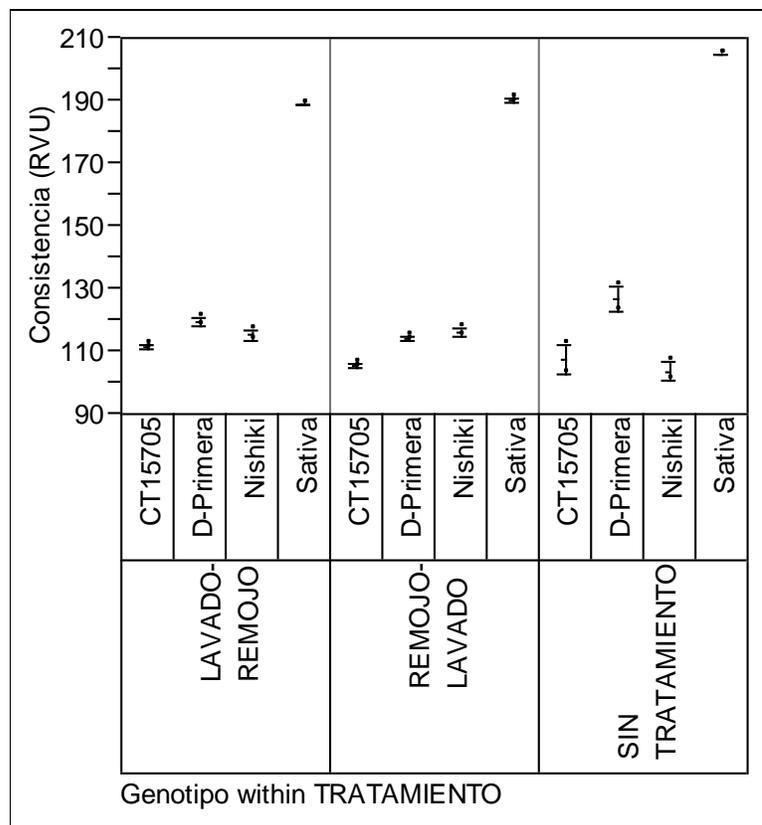


Gráfico 13. Variación de la consistencia de las muestras de arroz pulido con y sin pretratamiento.

Se establecieron correlaciones ($p < 0,01$) del contenido de amilosa aparente con la temperatura de empaste ($r = 0,81$), la viscosidad máxima ($r = - 0,66$) y la viscosidad media ($r = 0,91$), lo que refleja que aquellas muestras con un mayor valor de este contenido presentan una mayor temperatura de empaste, una menor viscosidad máxima y una mayor viscosidad media, tal y como se observó oportunamente para estos parámetros.

Por otro lado, este contenido también se correlacionó negativamente con el “breakdown” ($r = - 0,87$), es decir, que aquellas muestras con un mayor contenido de amilosa aparente son más estables (menor valor de “breakdown”) durante el calentamiento a temperatura constante, como ocurrió para Sativa.

El contenido de amilosa aparente también se correlacionó con la viscosidad final ($r = 0,93$), el “setback” ($r = 0,93$) y la consistencia ($r = 0,89$) en vista que todos estos parámetros

están relacionados con la tendencia a retrogradar del almidón, la cual esta asociada al contenido de amilosa.

3. Análisis para las muestras de arroz cocidos

3.1. Análisis físicos

3.1.1. Color

En el Tabla 20 se presenta la significación de los cuadrados medios de los parámetros asociados al color de las muestras de arroz cocido para cada una de las fuentes de variación consideradas.

Tabla 20. Significación de los cuadrados medios de los parámetros asociados al color de las muestras de arroz cocido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Color				
		L*	a*	b*	ΔE	IB
Arroz	3	8,28**	1,07**	6,76**	2,76**	16,36**
Pretratamiento	2	24,13**	2,2**	11,15**	0,12ns	39,31**
Arroz x Pretratamiento	6	1,1ns	0,26**	6,45**	0,44ns	2,74**
Total	11					

** : Significativos a nivel de $p < 0,01$.

* : Significativos a nivel de $p < 0,05$.

ns: No significativo.

3.1.1.1. Parámetro L*

En la Tabla 20 se aprecia que los factores arroz y pretratamiento hubo un efecto estadísticamente significativo ($p < 0,01$) sobre el parámetro L* de las muestras de arroz cocido y en la Tabla 21 se muestra la comparación de medias asociadas a estos factores. Los mayores valores correspondieron a Nishiki y Sativa, seguidos de CT15705 y D-Primera, un orden similar al obtenido por las muestras pulidas, lo cual es lo esperado (Sección 2.1.1.1). Asimismo, los valores de las muestras pretratadas con remojo-lavado fueron iguales entre si y superiores a las de las muestras sin tratamiento (78,52), tal cual lo

observado para el caso de las muestras de arroz pulido correspondientes (Sección 2.1.1.1) y que esto es lo esperado. Sin embargo, es importante resaltar que las muestras cocidas fueron superiores a las pulidas, o sea, que fueron mas blancas, lo cual se atribuiría a la lixiviación de los pigmentos hacia el agua de cocción (Sánchez, 2006; Lamberts y col., 2007); durante el proceso de cocción, varios componentes celulares del almidón, los carbohidratos diferentes al almidón, los lípidos y las proteínas lixivian al agua de cocción, tornándola en liquido viscoso (Ogawa y col., 2003), al igual que algunos pigmentos, por lo tanto, disminuye su presencia en el endospermo.

Tabla 21. Comparación de medias para el parámetro L* de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.

Fuente de Variación		L*
Arroz		
Nishiki	A	80,94
Sativa	A	80,80
CT15705	B	79,91
D-Primera	C	78,86
Tratamiento		
REMOJO-LAVADO	A	81,19
LAVADO-REMOJO	A	80,68
SIN TRATAMIENTO	B	78,52

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

3.1.1.2. Parámetro a*

El parámetro a* de las muestras cocidas fue afectado ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz por pretratamiento (Tabla 20). En el Gráfico 14 puede observarse, en términos generales, lo siguiente: 1) los valores de las muestras pretratadas fueron inferiores a los de sus controles correspondientes, al igual que en las muestras de arroz pulido (Sección 2.1.1.2), lo cual era de esperarse y 2) no hubo diferencia entre los valores de los tratamientos. Es importante destacar que los valores de a* de las

muestras cocidas fueron inferiores a los obtenidos en las muestras pulidas, lo cual se explicaría por lo ya indicado por L^* , es decir, por la lixiviación de los pigmentos.

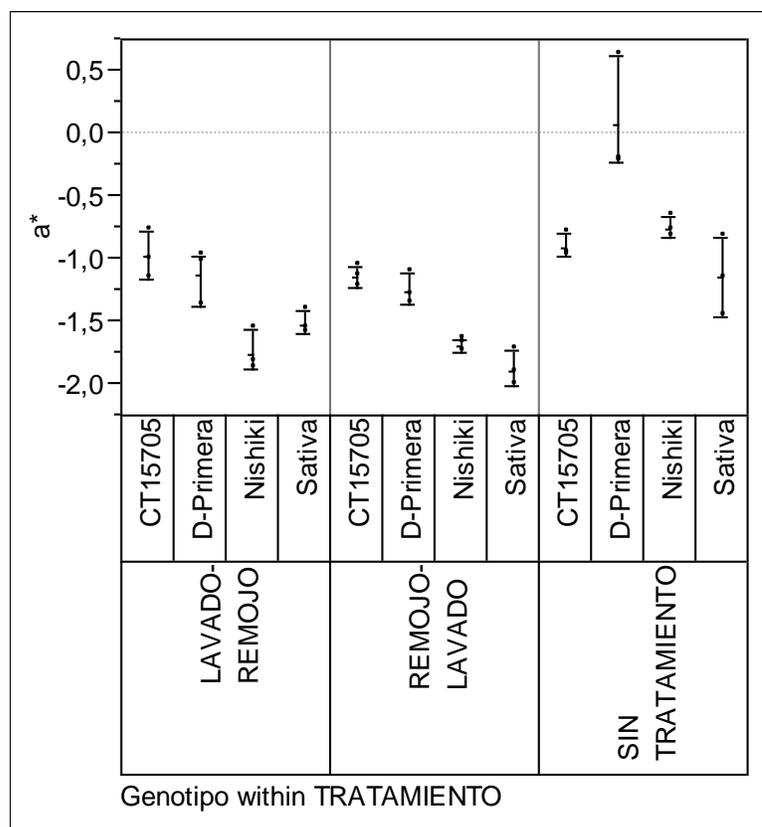


Gráfico 14. Variación del parámetro a^* en las muestras de arroz cocidos con y sin pretratamiento.

3.1.1.3. Parámetro b^*

En parámetro b^* fue afectado ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento (Tabla 20) y en el Gráfico 15 se aprecia, en general, lo siguiente: 1) los valores de las muestras pretratadas fueron inferiores a los de los controles respectivos y 2) no hubo diferencia entre los valores de ambos pretratamientos. Al igual que L^* y a^* , el parámetro b^* resultó inferior en las muestras cocidas (Sección 2.1.1.3.), lo cual podría atribuirse a la lixiviación de los pigmentos en el agua de cocción.

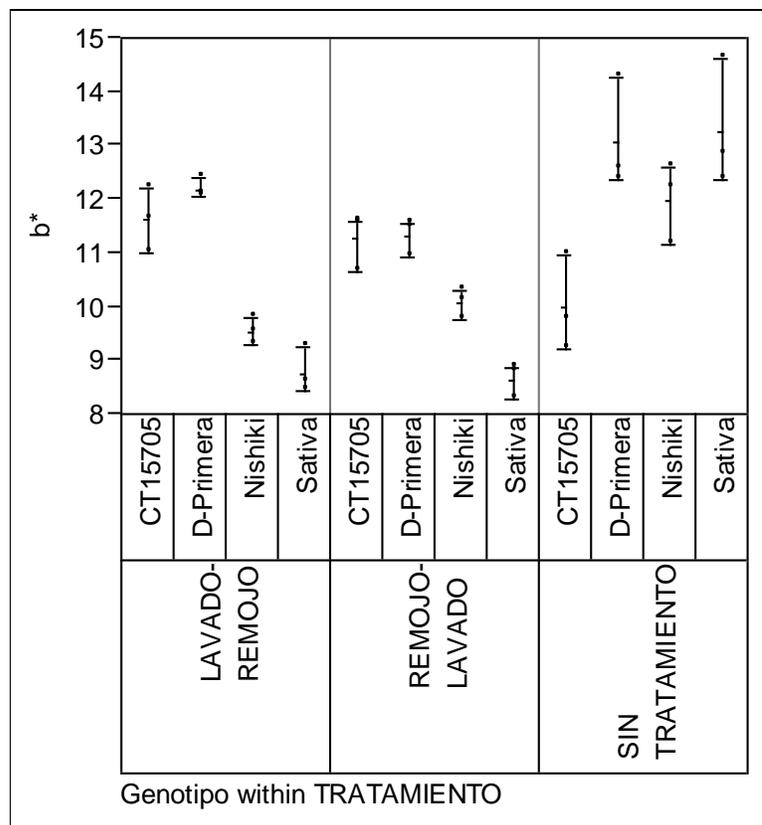


Gráfico 15. Variación del parámetro b^* en las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.

Se encontraron correlaciones ($p < 0,01$) entre L^* y a^* ($r = - 0,88$) y b^* ($r = - 0,69$) y entre b^* y a^* ($r = 0,72$), tal y como se observó para las muestras de arroz pulido (Sección 2.1.1.3).

3.1.1.4. Parámetro ΔE

De acuerdo a la Tabla 20, el parámetro ΔE de las muestras cocidas solo resultó afectado el factor arroz ($p < 0,01$) y en la Tabla 22 se presenta la comparación de medias para el mismo. De acuerdo a esta comparación, D-Primera mostró un valor de 4,58, el cual es igual al de Sativa cuyo valor, a su vez, fue igual al de Nishiki y el de éste fue igual al de CT15705. De lo anterior podría inferirse que todas las muestras de arroz cocido presentaron una diferencia de color perceptible con relación a su muestra control, ya que los valores de ΔE fueron superiores a 1. Asimismo, se nota que, en general, los valores de las muestras

cocidas fueron inferiores a las de las muestras pulidas (Sección 2.1.1.4), lo cual estaría apoyado por la correlación establecida ($p < 0,01$) entre el ΔE de las muestras cocidas y pulidas ($r = - 0,52$) (Anexo C, tabla C4).

Tabla 22. Comparación de medias para el parámetro ΔE de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.

Fuente de variación				ΔE
Arroz				
D-Primera	A			4,58
Sativa	A	B		3,96
Nishiki		B	C	3,51
CT15705			C	2,98

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

3.1.1.5. Parámetro IB

Según la Tabla 20, el IB de las muestras cocidas fue afectada ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento; en el Gráfico 16 se observa lo siguiente: 1) todas las muestras cocidas sin pretratamiento presentaron valores similares, a excepción de D-Primera, el cual fue inferior, 2) con muy pocas excepciones, el IB de las muestras pretratadas fue superior a los controles, al igual como ocurrió con las muestras pulidas (Sección 2.1.1.5.) y 3) no hubo una tendencia clara en lo que se refiere al resultado de los parámetros entre sí.

Es notorio el IB en las muestras cocidas, si se compara con las muestras pulidas (Sección 2.1.1.5), lo cual estaría vinculados a los cambios en los valores particulares de L^* , a^* y b^* producto de la lixiviación de los pigmentos al agua de cocción.

Asimismo, se estableció una correlación positiva ($p < 0,01$) entre el IB de las muestras pulidas y cocidas ($r = 0,84$) (Anexo C, Tabla C7), lo cual reforzaría la observación anterior (Sección 2.1.1.5).

Este mayor incremento en el IB después de la cocción de las muestras pretratadas, como consecuencia del aumento de L^* y la disminución de a^* y b^* , es sumamente interesante, ya que un producto tipo sushi se requiere de arroz con un alto grado de blancura, en vista de que es uno de los atributos de calidad determinantes.

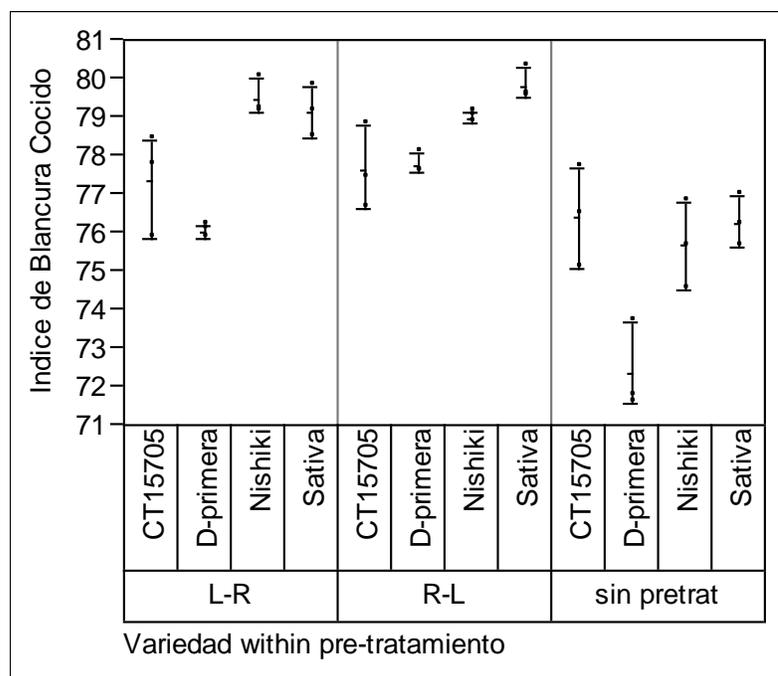


Gráfico 16. Variación del parámetro índice de blancura en las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento. L-R: lavado-remojo; R-L: remojo lavado.

3.1.2. Perfil de textura

La textura es un atributo muy importante porque es una de las características que determina la aceptabilidad de un producto como el arroz de mesa por parte de los consumidores y la misma depende de la variedad, las condiciones de secado y almacenamiento, el contenido de humedad, el contenido de amilosa, el contenido de proteínas, el tipo de almidón, el grado de pulido, la capacidad de absorción de agua, las condiciones de manejo pre y postcosecha, el método de cocción, entre otros factores

(Champagne y col., 1998; Champagne y col., 1999; Martin y Fitzgerald, 2002; Mohapatra y Bal, 2006; Muramatsu y col., 2006 y Saleh y Meullenet, 2007).

En el Anexo B (Figuras B1, B2 y B3) se muestran los perfiles de textura de las muestras de arroz cocidas con y sin pretratamiento y en la Tabla 23 se presenta la significación de los cuadrados medios de las variables del perfil de textura para cada una de las fuentes de variación consideradas.

Tabla 23. Significación de los cuadrados medios de las variables del perfil de textura de las muestras de arroz cocido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Perfil de textura						
		Dureza	Adhesividad	Stringiness	Cohesividad	Gomosidad	Elasticidad	Masticabilidad
Arroz	3	1815871,93**	56318,67**	2,46ns	0,0008926ns	262146,27*	0,09ns	3274107,67*
Pretratamiento	2	538647,85ns	11678,4ns	2,22ns	0,00081ns	78943,05ns	0,74**	5144609*
Arroz x Pretratamiento	6	491764,25ns	199108,33**	3,41ns	0,0032*	232837,52**	0,06ns	2958319,67ns
Total	11							

** : Significativos a nivel de $p < 0,01$

* : Significativos a nivel de $p < 0,05$

ns: No significativo

3.1.2.1. Dureza

La dureza, desde el punto de vista sensorial, es la fuerza necesaria para comprimir la muestra con los molares. Dicho parámetro se obtiene del perfil de textura como la altura máxima de la primera curva registrada por el texturómetro (Lyon y col., 2000 y Juliano, 2003).

De acuerdo a la Tabla 23, la dureza resultó afectada ($p < 0,01$) solamente por el factor arroz y en la Tabla 24 se presenta la comparación de medias para este parámetro. Según esta comparación, Sativa y Nishiki se ubicaron en un primer grupo, con valores de 4726,14 y 4144,01 g, respectivamente y, a su vez, Nishiki está en el grupo donde se ubicaron D-Primera y CT15705, cuyos valores fueron 3964,47 y 3658,30 g.

Estas diferencias en el grado de dureza de estas muestras pudieran estar relacionadas con el contenido de amilosa aparente, la capacidad de absorción de agua durante la cocción, el contenido de humedad, el tamaño y la forma de los granos, el porcentaje de granos yesosos y panza blanca, etc. Es importante destacar que las muestras con mayor dureza fueron las que presentaron el mayor contenido de amilosa aparente y viceversa (Sección 2.2.2). Numerosos autores indican, entre ellos los señalados al inicio de la sección anterior, que el contenido de amilosa es determinante en el desarrollo de la textura del arroz cocido, en especial, de la dureza, ya que a mayor contenido de amilosa, mayor dureza.

Tabla 24. Comparación de medias para la dureza de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.

<u>Fuente de Variación</u>		Dureza (g)
Arroz		
Sativa		4726,14
Nishiki	B	4144,01
D-Primera	B	3964,47
CT15705	B	3658,30

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

3.1.2.2. Adhesividad

La adhesividad es la fuerza requerida para separar los granos individuales que se adhieren unos a otros (Lyon y col., 2000 y Juliano, 2003); en el perfil de textura es el área negativa de la primera curva, representando el trabajo de separar la celda de la muestra después de la primera compresión (Juliano, 2003).

La adhesividad fue afectada ($p < 0,01$) por el factor arroz y la interacción arroz x tratamiento (Tabla 23). En el Gráfico 17 se nota lo siguiente: 1) para el caso de las muestras control, la más adhesiva fue Nishiki y la menos adhesiva fue Sativa, presentando CT15705 y D-Primera valores intermedios, 2) los valores de adhesividad entre tratamientos fue similar, a excepción de D-Primera, donde las muestras con lavado-remojo fueron

ligeramente menos adhesivas a las muestras con remojo-lavado, 3) en términos generales, la adhesividad de las muestras tratadas fue inferior a la de los controles respectivos, a excepción de Sativa, en donde las muestras con remojo-lavado fueron más adhesivas y 4) básicamente, el orden observado en las muestras control se mantiene, con algunos cambios, en las muestras tratadas, es decir, Nishiki como la más adhesiva y Sativa como la menos adhesiva.

Los resultados anteriores estarían reflejando diferencias intrínsecas de cada muestra combinadas con el efecto de los tratamientos en algunas de ellas, diferencias que podrían estar asociadas a la cantidad de agua absorbida durante la cocción, el contenido de amilosa aparente y de humedad; para el caso de las muestras control, sería interesante reconsiderar que Nishiki presentó el mayor porcentaje de granos yesosos y panza blanca y fue la más adhesiva, observándose lo contrario para Sativa (Secciones 1.1.1 y 1.1.2), efecto que también pudo influir en el grado de adhesividad de estas muestras.

Se encontró correlación ($p < 0,01$) entre la adhesividad y el contenido de humedad ($r = 0,45$) lo cual permitiría apoyar lo señalado con anterioridad que las muestras más húmedas desarrollan más adhesividad (Anexo C, tabla C5).

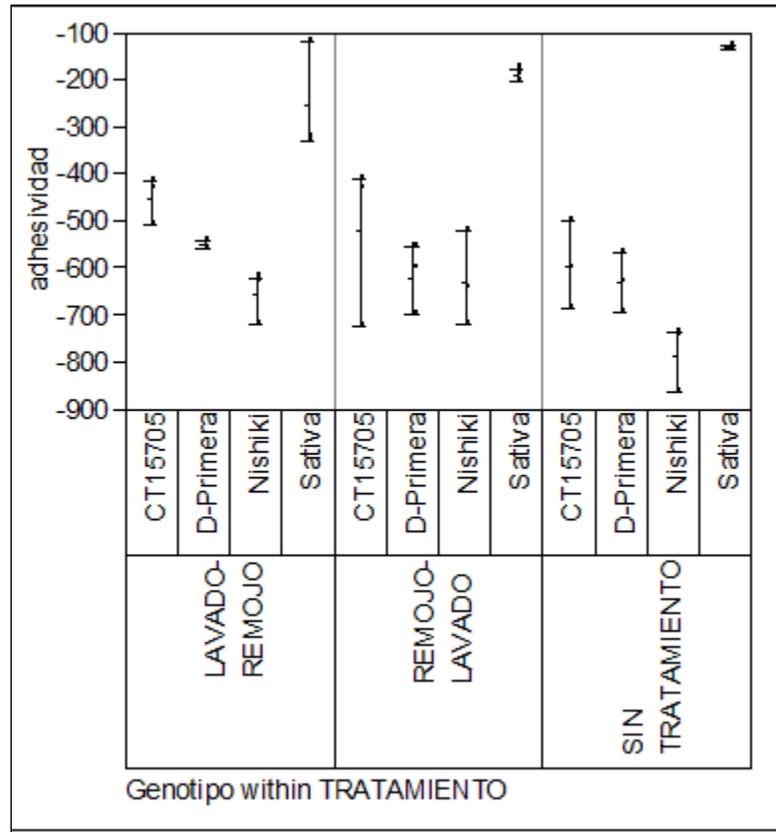


Gráfico 17. Variación de la adhesividad de las muestras de arroz cocido con y sin tratamiento.

3.1.2.3. “Stringiness”

“Stringiness” o fibrosidad, es una propiedad adhesiva en la cual se forman filamentos o hilos cuando superficies adhesivas de transferencia son separadas

En la Tabla 23 puede notarse que el parámetro stringiness no resultó afectado por los factores arroz, pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento.

3.1.2.4. Cohesividad

La cohesividad, que es el grado en el cual los granos se deforman en lugar de fraccionarse, agrietarse o romperse en la compresión con los molares (Lyon y col., 2000 Juliano, 2003y Mohapatra y col., 2006), se obtuvo del perfil de textura de la relación del área de la segunda compresión entre el área de la primera compresión (Lyon y col., 2000 y Juliano, 2003).

La cohesividad resultó afectada solamente por la interacción arroz x pretratamiento ($p < 0,05$; Tabla 23). En el Gráfico 18 es posible observar lo siguiente: 1) el orden creciente para este parámetro fue: D-Primera \approx Nishiki $<$ CT15705 \approx Sativa, 2) los valores fueron similares entre tratamientos, 3) para Nishiki y Sativa, no hubo efecto de los tratamientos, es decir, que la cohesividad se mantuvo constante y 4) el lavado-remojo en CT15705 produjo una disminución de este parámetro, mientras que en D-Primera, ambos tratamientos lo aumentaron.

De lo anterior podría inferirse que la cohesividad observada en las distintas muestras fue el resultado del efecto combinado de una serie factores intrínsecos de las mismas (contenido de amilosa aparente, tamaño y forma, proporción de granos yesosos y panza blanca, contenido de humedad, cantidad de agua absorbida, etc.) y de la posible influencia particular de los tratamientos.

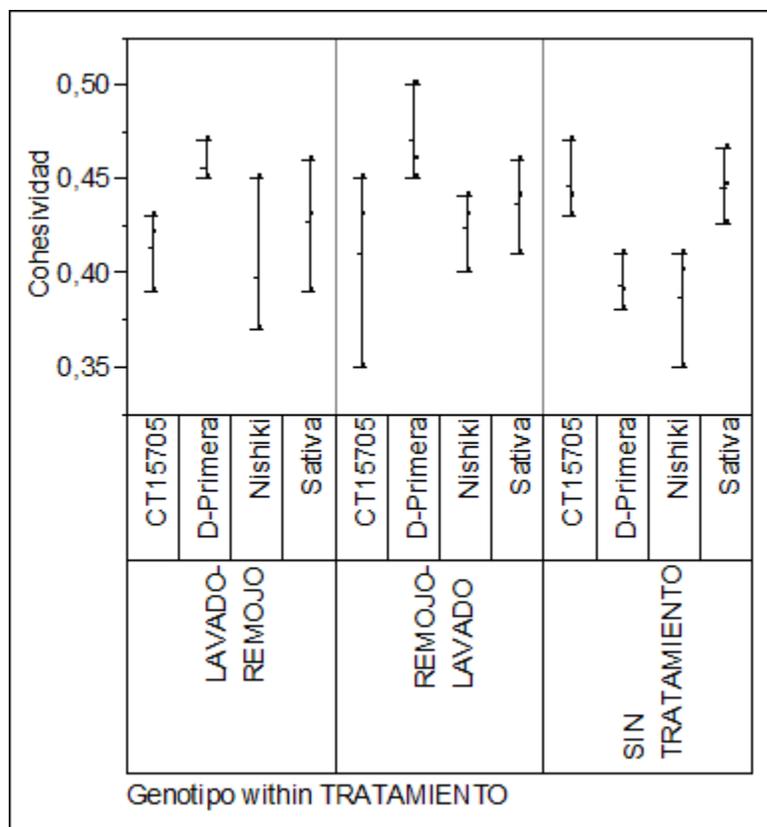


Gráfico 18. Variación de la cohesividad de las muestras de arroz cocido con y sin tratamiento.

3.1.2.5. Gomosidad

La gomosidad (g) resulta del producto de la dureza por la cohesividad. La sensación bucal está relacionada con el esfuerzo requerido para reducir el producto a estado necesario para su ingestión.

La gomosidad resultó afectada ($p < 0,05$) por el factor arroz y por la interacción arroz x tratamiento ($p < 0,01$; Tabla 23). De acuerdo al Gráfico 19, las muestras control presentaron una gomosidad similar. Asimismo, puede indicarse que los tratamientos no ocasionaron variación en este parámetro con respecto a las muestras control, a excepción de CT15705, donde la gomosidad resultante fue inferior para las muestras con ambos tratamientos, es decir, lavado-remojo y remojo-lavado.

Como punto de interés, CT15705 presentó una disminución de la cohesividad en las muestras con lavado-remojo, donde también se redujo la gomosidad y, además, fue la muestra con menor dureza; se encontraron correlaciones ($p < 0,01$) entre la gomosidad y la cohesividad ($r = 0,68$) y la dureza ($r = 0,93$), que permitirían reforzar las explicaciones anteriores (Anexo C, tabla C5).

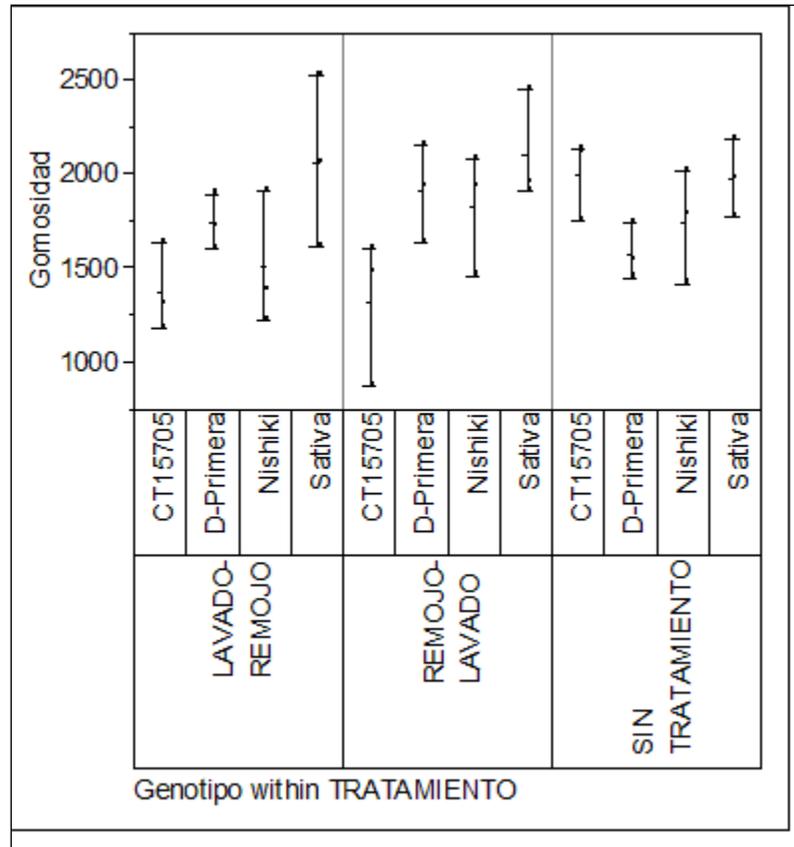


Gráfico 19. Variación de la gomosidad de las muestras de arroz cocido con y sin tratamiento.

3.1.2.6. Elasticidad

Se entiende por elasticidad al grado en el cual los granos retornan a su tamaño original después de una compresión parcial y se obtiene a partir del perfil de textura como la relación de la distancia recorrida por la celda en las dos curvas (Lyon y col., 2000 y Juliano, 2003).

La Tabla 23 indica que la elasticidad resultó afectada ($p < 0,01$) sólo por el factor tratamiento; en la Tabla 25 aparece la comparación de medias para este parámetro. En la misma se aprecia que las muestras con pretratamiento presentaron una elasticidad similar (para las muestras con lavado-remojo y remojo-lavado, respectivamente), la cual fue ligeramente inferior a la de las muestras sin tratamiento. Es importante destacar que estos

valores no difirieron en alto grado, por lo que se pudiera indicar que esta diferencia pudiera no ser determinante desde el punto de vista práctico.

Tabla 25. Comparación de medias para la elasticidad de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.

Fuente de variación		Elasticidad
Tratamiento		
SIN TRATAMIENTO	A	3,63
LAVADO-REMOJO	B	3,24
REMOJO-LAVADO	B	3,17

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,01$.

3.1.2.7. Masticabilidad

La masticabilidad (g) está relacionada con la cohesión y con el tiempo necesario o número de masticaciones requeridas para lograr que un producto sólido alcance las condiciones necesarias para su ingestión; es el resultado del producto de la dureza, la cohesividad y la elasticidad.

Este parámetro resultó afectado por los factores arroz, pretratamiento a un nivel de $p < 0,05$; mientras que para la interacción arroz x tratamiento no hubo efecto estadísticamente significativo (Tabla 23).

En la Tabla 26 se muestra la comparación de medias para la masticabilidad de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento, donde puede apreciarse que: 1) para el factor arroz, Sativa se ubico en un primer grupo estadísticamente diferente al resto de los arroces, encontrándose D-primer, CT15705 y Nishiki en el segundo grupo y 2) para el factor tratamiento, la masticabilidad aumenta sin el tratamiento, disminuye para el lavado-remojo, mientras que no hay diferencia estadística para el remojo-lavado, ya que no se contrasta el grupo estadístico en el cual se ubica.

Se establecieron correlaciones ($p < 0,01$) entre la masticabilidad y la dureza ($r = 0,83$), la cohesividad ($r = 0,61$), la gomosidad ($r = 0,89$) y la elasticidad ($r = 0,64$), de lo que se infiere que a mayor grado de masticabilidad, mayor dureza, cohesividad, gomosidad y elasticidad (Anexo C, Tabla C5).

Tabla 26. Comparación de medias para la masticabilidad de las muestras de arroz cocido con y sin pretratamiento.

Fuente de variación		Masticabilidad (g)
Arroz		
Sativa	A	6954,96
Nishiki	B	5595,89
D-primera	B	5702,72
CT15705	B	5609,23
Tratamiento		
SIN PRETRATAMIENTO	A	6658,55
LAVADO-REMOJO	B	5319,86
REMOJO-LAVADO	A	5918,69

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,05$.

3.2. Análisis químicos

3.2.1. Humedad

El contenido de humedad del arroz cocido en cualquier instante durante el proceso de cocción, puede ser un indicador de la calidad culinaria (Chakkaravarthi y col., 2007).

En la Tabla 27 se nota que el contenido de humedad de las muestras de arroz cocido resultó afectado ($p < 0,01$) por los factores arroz, pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento. De acuerdo al Gráfico 20: 1) D-Primera fue la muestra más húmeda, mientras que CT15705 y Nishiki fueron las de menor contenido de humedad, 2) respecto a los tratamientos, no se observó una tendencia definida para los valores entre los mismos, a excepción de D-Primera que obtuvo un comportamiento errático en el lavado-remojo y 3) en el caso de CT15705 y Nishiki, el lavado-remojo produjo un incremento de este

contenido, mientras que en D-Primera y en Sativa, el contenido de humedad disminuyó, en la primera con el lavado-remojo y en la segunda, con ambos tratamientos.

Nuevamente pudo hacerse evidente la combinación del efecto de las características intrínsecas de cada muestra (tamaño y forma de grano, contenido de amilosa aparente, presencia de granos yesosos y panza blanca, presencia de fisuras y/o poros que faciliten la absorción de agua, etc.) y de los tratamientos, que no permitió establecer tendencias claras en los resultados obtenidos.

Tabla 27. Significación de los cuadrados medios del contenido de humedad de las muestras de arroz cocido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Humedad
Arroz	3	52,27**
Pretratamiento	2	8,58**
Arroz X Pretratamiento	6	198,4**
Total	11	

** : Significativos a nivel de $p < 0,01$.

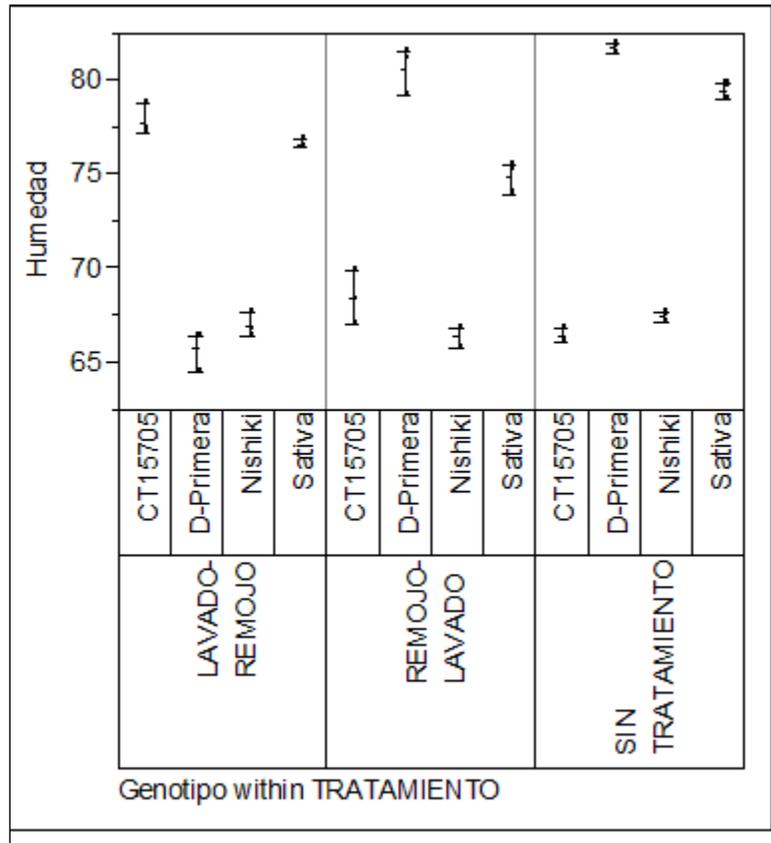


Gráfico 20. Variación del contenido de humedad de las muestras de arroz cocido con y sin tratamientos.

4. Evaluación de la calidad culinaria

La calidad de cocción del arroz viene determinada por los atributos del grano que definen su comportamiento en este proceso. Este grupo engloba a los parámetros que evalúan la textura del grano cocido y algunos atributos de composición y propiedades físico-químicas que condicionan las propiedades de cocción del grano y su calidad posterior (León y Carreres, 2002).

4.1. Pruebas de cocción

Para la realización de estas pruebas, se utilizaron ollas arroceras, según la sección 3.1 descrita en los materiales y métodos, debido a que este procedimiento optimiza y controla

la utilización de la energía y otros factores que podrían afectar el proceso de cocción (Chakkaravarthi, 2008).

En la Tabla 28 se presenta la significación de los cuadrados medios de las variables asociadas a las pruebas de cocción para cada una de las fuentes de variación consideradas.

Tabla 28. Significación de los cuadrados medios de las variables asociadas a las pruebas de cocción.

Fuente de variación	Grados de libertad	Tiempo de Cocción	Relación Expansión Volumétrica	Relación Absorción de agua	Agua Evaporada
Arroz	3	12,92*	0,19*	0,23**	423,76**
Pretratamiento	2	88,69**	0,02ns	1,69**	177,11**
Arroz X Pretratamiento	6	14,03**	0,09ns	0,19**	830,62**

** : Significativos a nivel de $p < 0,01$

* : Significativos a nivel de $p < 0,05$

ns: No significativo.

4.1.1. Tiempo de cocción

El tiempo de cocción del arroz es medido como el mínimo tiempo en el cual el centro del grano se vuelve traslúcido o gelatinizado una vez que los granos del arroz se colocan en agua hirviendo (Juliano y Pérez, 1983).

Las propiedades físicas de cocción del arroz están más estrechamente relacionadas con la temperatura de gelatinización que con el contenido de amilosa del almidón (CIAT, 1989).

El tiempo de cocción resultó afectado ($p < 0,01$) por los factores pretratamiento y la interacción arroz x tratamiento, mientras que para el factor arroz resultó afectado ($p < 0,05$) (Tabla 28). En el Gráfico 21 se aprecia lo siguiente: 1) Sativa fue la muestra que demoró más en cocinar, mientras que Nishiki se cocinó con mayor rapidez, lo cual podría asociarse a diferencias intrínsecas de los granos (contenido de amilosa aparente, porcentaje de granos

yesosos y panza blanca, presencia de fisuras o grietas que faciliten la penetración de agua, etc.), 2) entre los tratamientos, los tiempos de cocción fueron iguales, a excepción de Sativa, donde los mismos fueron superiores en las muestras con lavado-remojo e iguales a los valores de las respectivas muestras control y 3) para todas las muestras tratadas, el tiempo de cocción se redujo en mayor o menor grado, dependiendo del tipo de muestra; la disminución fue más notoria para las muestras de CT15705 y D-Primera con ambos tratamientos y en las muestras con lavado-remojo para Nishiki y remojo-lavado para Sativa.

De lo anterior es posible inferir que ambos tratamientos facilitan la migración del agua al grano durante la etapa de remojo, lo que se traduce en una reducción del tiempo de cocción, con todos los beneficios que esto implica, como un menor costo energético y ahorro del tiempo invertido en la preparación de diversos productos. En numerosos países, es una práctica común remojar el arroz, previo a la cocción, para reducir, no solo el tiempo del proceso, sino para obtener una textura más suave en el mismo.

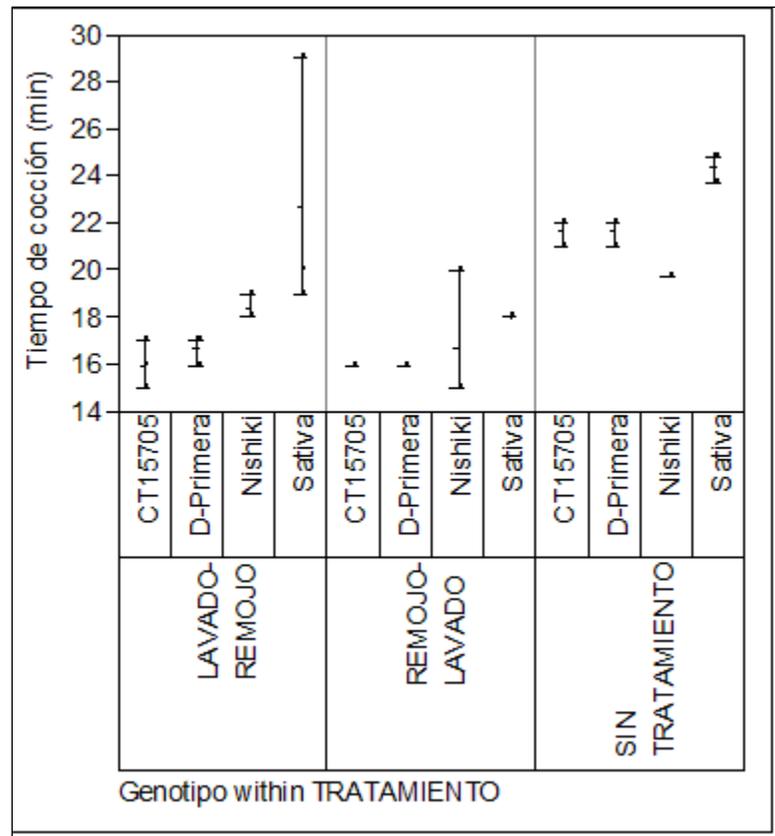


Gráfico 21. Variación del tiempo de cocción de las muestras de arroz con y sin tratamientos.

4.1.2. Relación de expansión volumétrica

La relación de expansión volumétrica fue afectada únicamente por el factor arroz ($p < 0,05$, Tabla 28), presentando D-Primera un valor de 3,26, el cual fue igual a los de Sativa y CT15705 (3,23 y 3,11) y a, su vez, estos dos valores fueron iguales al del Nishiki (2,94) (Tabla 29).

Es importante destacar que estas variaciones fueron pequeñas, pero debido a la esta expansión el arroz podría ser de mayormente aprovechado, debido a que rinde más a nivel culinario, y teniendo ventajas comerciales.

Aquí, nuevamente, las características intrínsecas (propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas) de las distintas muestras utilizadas fueron las que determinaron lo

resultados obtenidos y, es muy probable, que este índice esté relacionado a la capacidad de absorción de agua de los granos de arroz, su contenido de humedad, forma y tamaño, etc.

Según Zhou y col. (2002), las variaciones en esta relación podrían vincularse a la absorción de agua de los gránulos de almidón; cuando el arroz absorbe el agua, su volumen aumenta aproximadamente dos veces (Muramatsu y col., 2006).

Tabla 29. Comparación de medias para la relación de expansión volumétrica de las muestras cocidas con y sin pretratamiento.

Fuente de variación		Relación Expansión Volumétrica	
Arroz			
D-Primera	A		3,26
Nishiki	A	B	3,23
CT15705	A	B	3,11
Sativa		B	2,94

Letras diferentes indican diferencias a nivel de $p < 0,05$.

4.1.3. Relación de absorción de agua

Este parámetro es una medida del grado de hinchamiento de los gránulos de almidón y está relacionado con la porosidad del grano.

Para Zhou y col. (2002), la capacidad de hinchamiento del gránulo de almidón está regulada por fuerzas intragranulares que determinan, entre otros factores, la cantidad de agua absorbida.

La relación de absorción de agua resultó afectada ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento y la interacción arroz x pretratamiento (Tabla 28). En el Gráfico 22 se nota lo siguiente: 1) Nishiki fue la muestra con mayor absorción de agua, mientras que Sativa fue la que absorbió menos humedad, 2) no hubo diferencias entre las muestras pretratadas por lavado-remojo y remojo-lavado, a excepción de Sativa, donde la muestras con remojo-lavado presentaron una mayor absorción de agua y 4) todas las muestras pretratadas

absorbieron más humedad que las muestras controles, a excepción de Sativa con lavado-remojo, cuyo valor se mantuvo.

De nuevo se evidencia la particularidad intrínseca de las distintas muestras sobre su comportamiento durante el proceso de cocción, revelando, posiblemente, efectos conjuntos relacionados con el contenido de humedad y amilosa aparente, la forma y tamaño del grano, la presencia de granos yesosos y panza blanca, entre otros, sobre la absorción de agua del arroz.

La realización de los pretratamientos favoreció el incremento de la absorción de agua, producto del remojo al que fueron sometidas las muestras, por la mayor difusión del agua del exterior al interior del grano. La capacidad de absorción de agua por parte de los gránulos de almidón de cada muestra es importante, pues se relaciona con un mayor rendimiento de las muestras de arroz una vez cocidas; a medida que este valor es mayor, resulta un aumento del volumen del granulo de almidón y, por ende, en un aumento del volumen de los granos de arroz cocidos (Sección 4.1.2).

Se estableció una correlación negativa ($p < 0,01$) entre la relación de absorción de agua y la dureza ($r = -0,37$), lo que denota que una disminución en la dureza podría ser el resultado de un aumento de este parámetro, a su vez se encontró una correlación negativa ($p < 0,01$) de absorción de agua y la relación expansión volumétrica de ($r = -0,84$) (Anexo C, tabla C6).

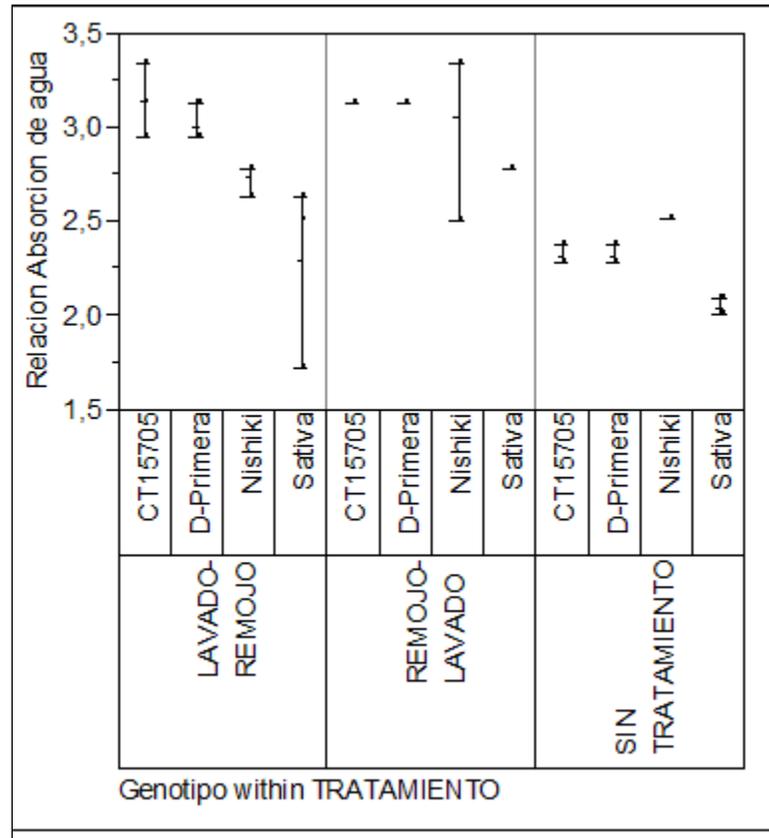


Gráfico 22. Variación de la relación de absorción de agua de las muestras de arroz cocido con y sin tratamientos.

4.1.4. Agua evaporada

En el Cuadro 20 puede apreciarse que la cantidad de agua evaporada fue afectada ($p < 0,01$) por los factores arroz y pretratamiento, así como por la interacción arroz x pretratamiento. En el Gráfico 23 puede evidenciarse lo siguiente: 1) Nishiki presentó el mayor contenido de agua evaporada, seguida de D-Primera y, finalmente, por CT15705 y Sativa, 2) las muestras con el tratamiento lavado-remojo tuvieron un mayor valor de este índice con relación a sus contrapartes con remojo-lavado, a excepción de Sativa, donde se obtuvo lo contrario y 3) las muestras con pretratamiento presentaron un mayor contenido de agua evaporada que los controles respectivos, a excepción de Nishiki y Sativa, donde las muestras tratadas presentaron menores valores de este índice.

Este parámetro pudiera estar relacionado a la cantidad de agua absorbida; de hecho, Nishiki fue la muestra con mayor relación de absorción de agua, mientras que Sativa fue la que absorbió menos humedad (Sección 4.1.3).

El hecho que, en términos generales, las muestras tratadas presentaran un mayor valor de este índice, podría estar relacionado a su mayor absorción de agua, producto de la migración del agua durante el remojo.

Se encontró una correlación ($p < 0,01$) entre la cantidad de agua evaporada y la relación de absorción de agua ($r = 0,36$), lo que podría reforzar las explicaciones anteriores (Anexo C, tabla C6).

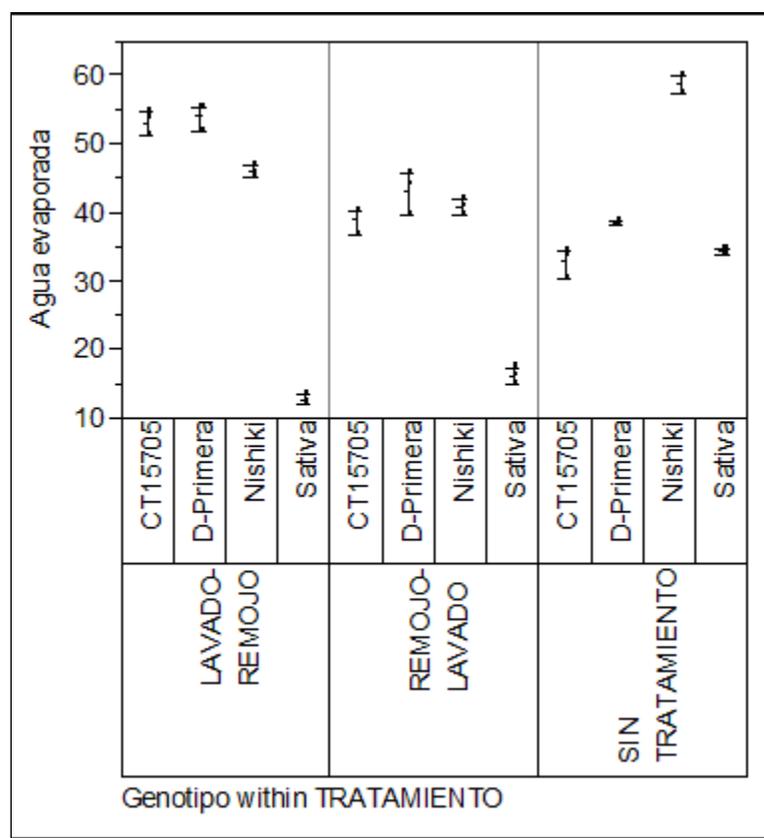


Gráfico 23. Variación del contenido de agua evaporada de las muestras de arroz cocido con y sin tratamientos

5. EVALUACION SENSORIAL

5.1. Fase I

El objetivo principal de esta primera fase de evaluación sensorial fue establecer el grado de diferencia entre las muestras de arroz D-primer y CT15705 con una muestra de arroz de origen japonés (Nishiki), destinada a la elaboración de sushi, mediante la percepción visual de los participantes y así poder evaluar una menor cantidad de muestras en la segunda fase.

Para esta fase, se utilizaron seis muestras de arroz cocidos y consistió, fundamentalmente, en la preparación de cada una de las muestras (D-Primera y CT15705) con los pretratamientos de remojo-lavado y lavado remojo y la muestra de arroz Nishiki con solo lavado según se indica en la Sección 6.3, en la cual se les entregaba a los participantes (26 participantes familiarizados con realización de evaluaciones sensoriales) una planilla (Anexo D) y se les indicó la forma correcta de realizar esta evaluación. La presentación al panelista se puede observar en la Figura 6. Las muestras estaban codificadas con códigos de tres dígitos y se colocó otra muestra de arroz Nishiki enmascarada con un código diferente, para así poder verificar si el participante acertaba en la similitud que se buscaba.

Cabe destacar que para esta evaluación sensorial de percepción visual (Fase I), no se utilizó la muestra de arroz Sativa, debido a pruebas preliminares que evidenciaron que el comportamiento de este arroz con y sin pretratamiento no contribuye con las características mínimas (adhesividad y brillo) deseadas en una muestra de granos de arroz para la elaboración del producto sushi (Anexo E).



Figura 6. Presentación de las muestras en la Fase I evaluación sensorial de percepción visual.

Los atributos considerados para esta primera fase fueron color, brillo, adhesividad y tamaño del grano, las cuales se evaluaron de manera visual por los participantes, mediante su apreciación basada en una escala comparativa de 5 puntos como se muestra en el Anexo C.

En la Tabla 30, se muestra la significación de los cuadrados medios para cada uno de los atributos evaluados en las muestras de granos de arroz cocidos con y sin pretratamiento. En el mismo se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre las muestras para todos los atributos.

Tabla 30. Significación de los cuadrados medios de los atributos asociados a la evaluación sensorial comparativa visual de las muestras con pretratamiento con respecto a un control.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Color	Brillo	Adhesividad	Tamaño del Grano
Tratamiento	4	3,69**	5,19**	4,82**	6,42**
Error	84	0,97	0,88	1,05	1,23
Total	88				

** : Significativos a nivel de $p < 0,01$

En la Tabla 31 se presenta la descripción de cada uno de los códigos utilizados para las diferentes muestras de arroz y sus pretratamientos y nos servirá de guía para interpretar los gráficos de los atributos que se presentan a continuación.

Cabe destacar que en la planilla (Anexo C) se especificaba que las primeras cinco muestras debían ser comparadas con la muestra de código 340 la cual corresponde a la muestra de arroz Nishiki con solo Lavado, la cual es la forma habitual de preparación del sushi. Es importante mencionar que el nombre de la prueba utilizada es diferencia escalar o con escala respecto a un control (Meilgaard y col., 2007).

Tabla 31. Descripción de los códigos representativos de las muestras con los pretratamientos aplicados utilizados en la escala comparativa, así mismo en cada uno de los gráficos de los atributos estudiados.

Código	Descripción
521	CT15705, Remojo-Lavado
438	CT15705, Lavado- Remojo
578	D-primera, Remojo-Lavado
694	D-primera, Lavado-Remojo
705	Nishiki, Lavado
340	Nishiki, Lavado

5.1.1. Color

En el Gráfico 24 se presentan los resultados de la evaluación del atributo color, donde se observan diferencias entre las muestras a un nivel de $p < 0,01$ (Tabla 30). La muestra con código 705 (Nishiki, Lavado) fue la que resultó más parecida a la muestra 340 (Nishiki, Lavado), con un valor de aproximadamente cercano al punto 1 que, según la planilla utilizada en esta fase (Anexo C), corresponde a “no difiere” respecto al control, lo cual era cierto y lógico, en vista que se trataba de la misma muestra; lo anterior denotaría una adecuada capacidad discriminativa de los participantes en la prueba. En términos generales, la puntuación del resto de las muestras fue similar y estuvo ubicada en valores cercanos al

punto 2, que equivale a “difieren ligeramente” respecto al control; es importante señalar que las muestras más parecidas al control fueron la 438 (CT15705, Lavado-Remojo) y la 694 (D-primer, Lavado-Remojo).

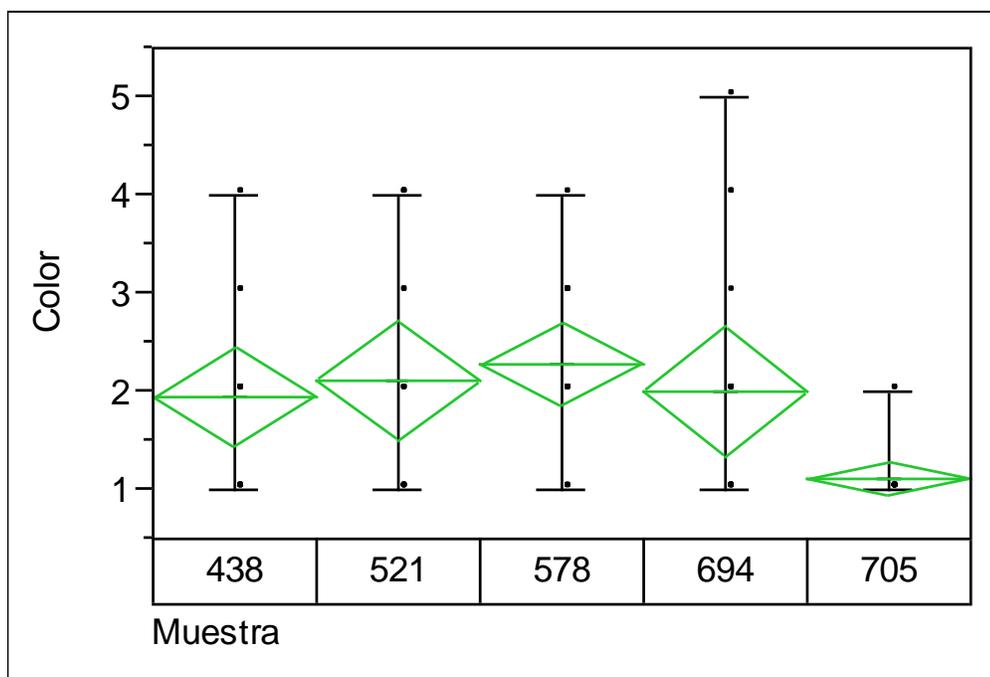


Gráfico 24. Resultados de la evaluación comparativa del atributo color de las muestras con pretratamiento con respecto a un control. N° panelistas = 26.

5.1.2. Brillo

En el Gráfico 25 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del atributo brillo, donde se observan diferencias entre las muestras a un nivel de $p < 0,01$ (Tabla 30). De todas las muestras evaluadas, la 578 (D-Primera, Remojo-Lavado) presentó valores cercanos al punto 3, que corresponde a “difiere moderadamente” del control. Es importante destacar que, nuevamente, las muestras 438 (CT15705, Lavado-Remojo) y 694 (D-Primera, Lavado-Remojo) fueron las más parecidas al control. Finalmente, la muestra con código 705 (Nishiki, Lavado) fue calificada con la menor puntuación, lo cual era lo esperado, por tratarse de las mismas muestras, como ya se indicó anteriormente, refleja una adecuada capacidad discriminativa de los panelistas.

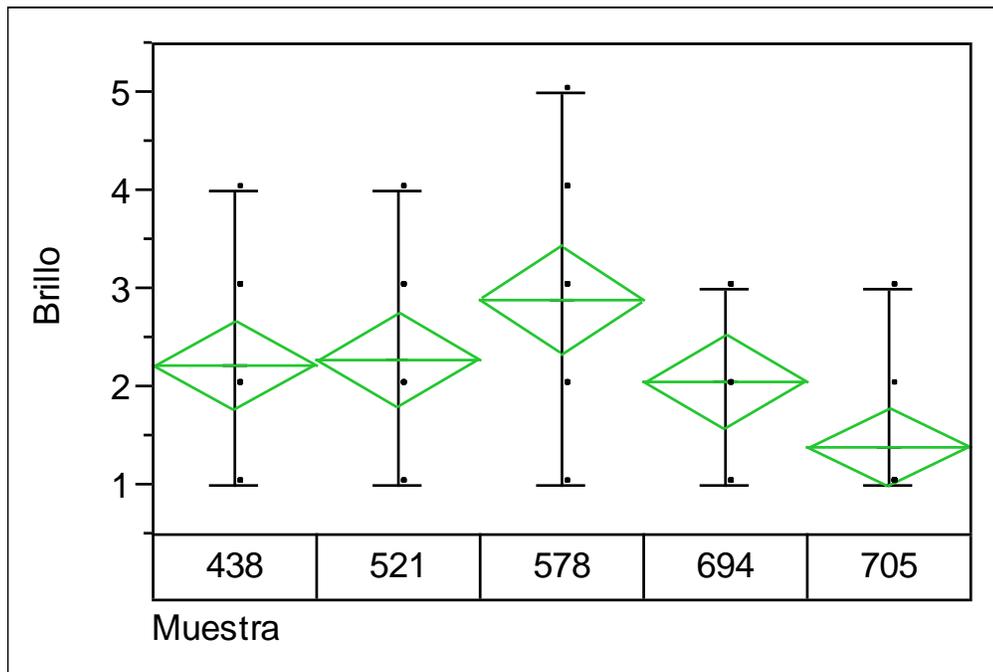


Gráfico 25. Resultados de la evaluación comparativa del atributo brillo de las muestras con pretratamiento con respecto a un control. N° panelistas = 26.

5.1.3. Adhesividad

En el Gráfico 26 pueden apreciarse los resultados obtenidos de la evaluación del atributo adhesividad, donde se observan diferencias entre las muestras a un nivel de $p < 0,01$ (Tabla 30). Las puntuaciones de las muestras 438 (CT15705, Lavado-Remojo) y 694 (D-primera, Lavado-Remojo) fueron similares entre sí e inferiores a la categoría 2 de “difiere ligeramente” del control y las más parecidas al control (340, Nishiki, Lavado). Para las muestras 521 (CT15705, Remojo-Lavado) y 578 (D-primera, Remojo-Lavado), los valores fueron levemente inferiores para el punto 3, siendo éstas las menos parecidas al control para este atributo. Finalmente, la muestra 705 presentó una puntuación levemente superior a 1, es decir, fue la más parecida al control, lo cual fue indicio de un desempeño apropiado de los panelistas en lo que se refiere al desarrollo de la prueba.

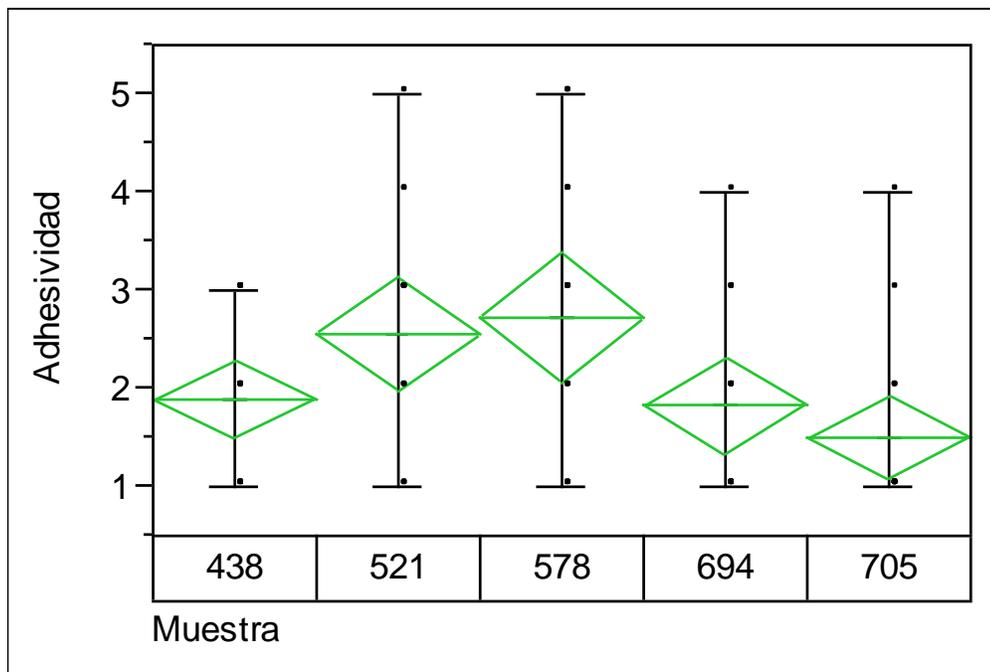


Gráfico 26. Resultados de la evaluación comparativa del atributo adhesividad de las muestras con pretratamiento con respecto a un control. N° panelistas = 26.

5.1.4. Tamaño del Grano

En el Gráfico 27 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación del atributo tamaño del grano, donde se observan diferencias entre las muestras a un nivel de $p < 0,01$ (Tabla 30). Si bien no hubo diferencias en lo que se refiere a la calificación entre las muestras, nuevamente la 438 (CT15705, Lavado-Remojo) y la 694 (D-Primera, Lavado-Remojo) fueron las más similares al control. Asimismo, se evidenció el adecuado desempeño de los participantes, ya que la puntuación que otorgaron a la muestra 694 (Nishiki, Lavado) fue la menor de todas, la cual era lo esperado por tratarse de la misma muestra.

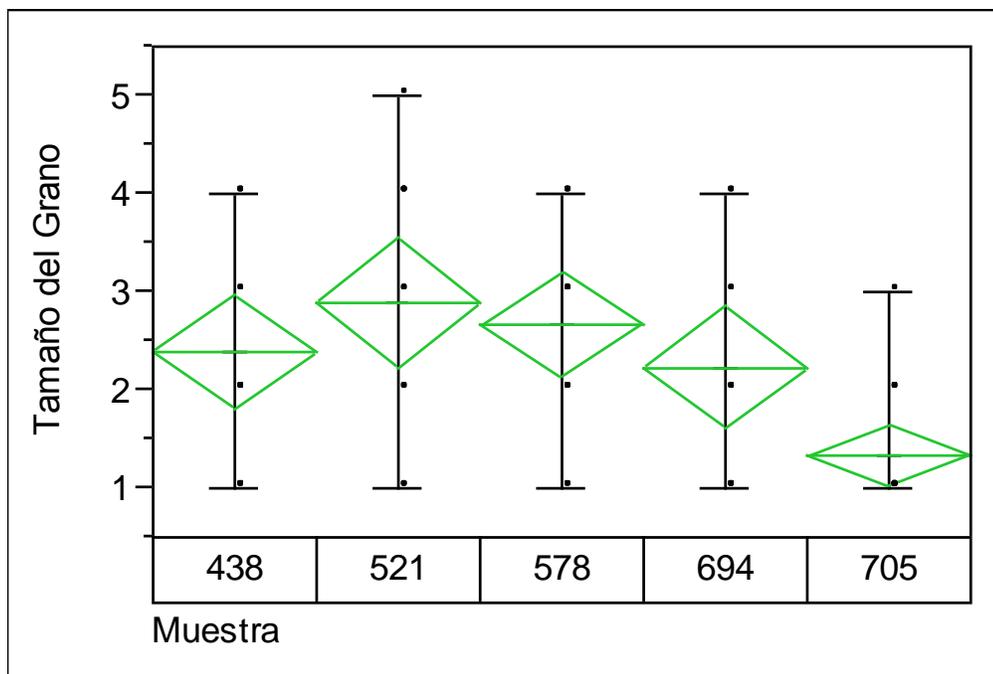


Gráfico 27. Resultados de la evaluación comparativa del atributo tamaño de los granos de las muestras con pretratamiento con respecto a un control. N° panelistas = 26.

Se podría concluir entonces, con base a los resultados anteriores, que los panelistas presentaron un adecuado desempeño en la ejecución de esta evaluación sensorial de percepción visual (Fase I) y basándonos en su juicio, se decidió seleccionar, para la siguiente fase (Fase II), a las muestras que menos difirieron con respecto al control (Nishiki-Lavado), las cuales fueron 438 (CT15705, Lavado-Remojo) y 694 (D-Primera, Lavado-Remojo).

Es importante resaltar aquí que estas muestras presentaron los atributos de apariencia (L^* e índice de blancura) y textura (adhesividad) apropiados, lo que les permitió para calificar a la siguiente fase (Secciones 3.1.1.1, 3.1.1.5 y 3.1.2.2).

5.2. Fase II

El objetivo fundamental de la realización de esta fase fue la elaboración del sushi, preparando dicho plato con las muestras de arroz que resultaron seleccionadas en la fase I, y evaluar su aceptabilidad con 46 panelistas consumidores habituales de sushi.

Esta fase se realizó en el restaurante “SUSHI MARKET”, ubicado en el centro comercial MULTIPLAZA PARAISO, de la Avenida Páez del Paraíso, Caracas, con la colaboración de susheros expertos en la preparación dicho plato.

Consistió, principalmente, en presentarle a los participantes tres roles de un mismo estilo de sushi (Alaska roll, por tener pocos ingredientes adicionales al arroz), pero con las dos muestras de arroz seleccionadas y una muestra de arroz Nishiki, debidamente codificadas y utilizando una planilla con una escala hedónica de 9 puntos (Anexo D).

En esta evaluación se consideraron los atributos apariencia, aroma, sabor, textura y apreciación global, ya que a los panelistas involucrados se les solicitó a degustar dicho plato.

Se utilizaron las muestras de arroz D-Primera, CT15705 y una muestra de arroz para sushi Nishiki, aplicándole solo lavado, debido a una prueba preliminar, la cual evidenció que el pretratamiento de Remojo-Lavado y Lavado-Remojo no resultó adecuado, y por recomendación de los susheros expertos en la elaboración de este producto, se nos sugirió la aplicación de solo lavado a las muestras de arroz, similar al que se le aplica para la elaboración de sushi (Lavar 3 veces con una relación arroz/agua 1:2).

En la Tabla 31 se presenta la significación de los cuadrados medios de los atributos evaluados durante la degustación de los roles de sushi. En el mismo se puede apreciar que no hubo una diferencia estadísticamente significativa de la aceptabilidad entre las muestras evaluadas para ninguno de los atributos evaluados, es decir, apariencia, aroma, sabor, textura y apreciación global.

Tabla 32. Significación de los cuadrados medios de los atributos evaluados durante la degustación de los roles de sushi.

Fuentes de Variación	Grados De libertad	Apariencia	Aroma	Sabor	Textura	Apreciación Global
Muestra	2	3,47ns	0,72ns	0,67ns	4,72 ns	1,87ns
Error	132	2,59	2,41	2,07	1,98	2,04
Total	134					

ns: No significativo

5.2.1. Apariencia

Como ya se indicó, para este atributo no hubo una diferencia estadísticamente significativa de la aceptabilidad entre las muestras evaluadas (Tabla 32), observándose en el Gráfico 28, que la media se ubicó entre los puntos 7 y 8 de la escala hedónica utilizada, lo cual equivale a “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”, respectivamente, para CT15705 y D-Primera, mientras que para Nishiki, el valor fue justo el punto 7 “me gusta moderadamente”.

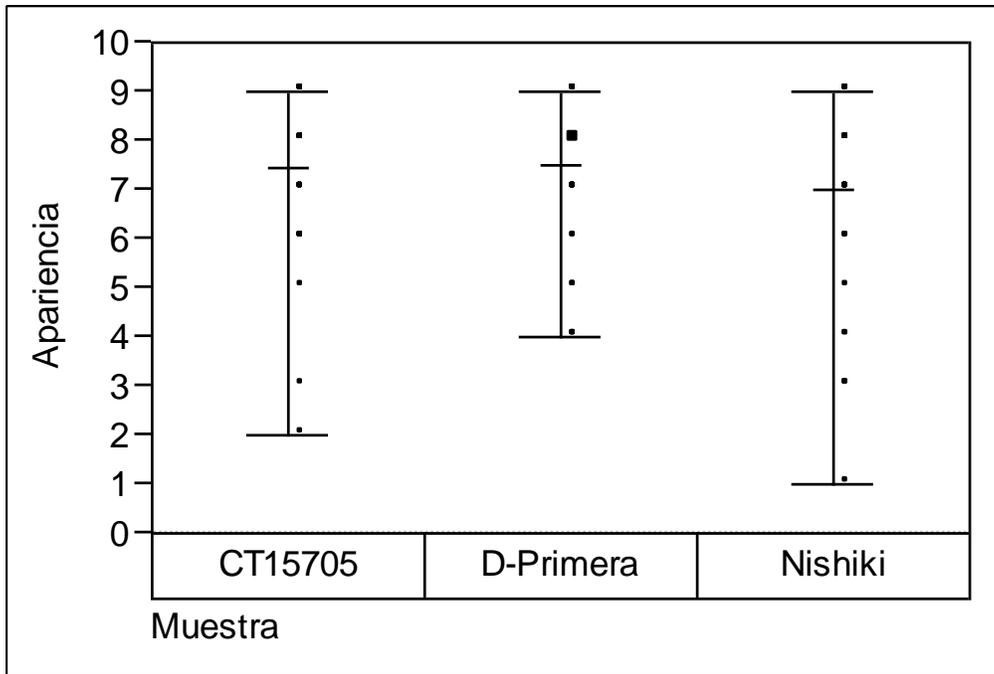


Gráfico 28. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad del atributo apariencia de las muestras de sushi. N° panelistas = 46.

5.2.2. Aroma

Al igual que para el atributo apariencia, la aceptabilidad del aroma fue igual en todas las muestras evaluadas (Tabla 32), siendo el valor promedio de las mismas muy cercano a 7 o “me gusta moderadamente”.

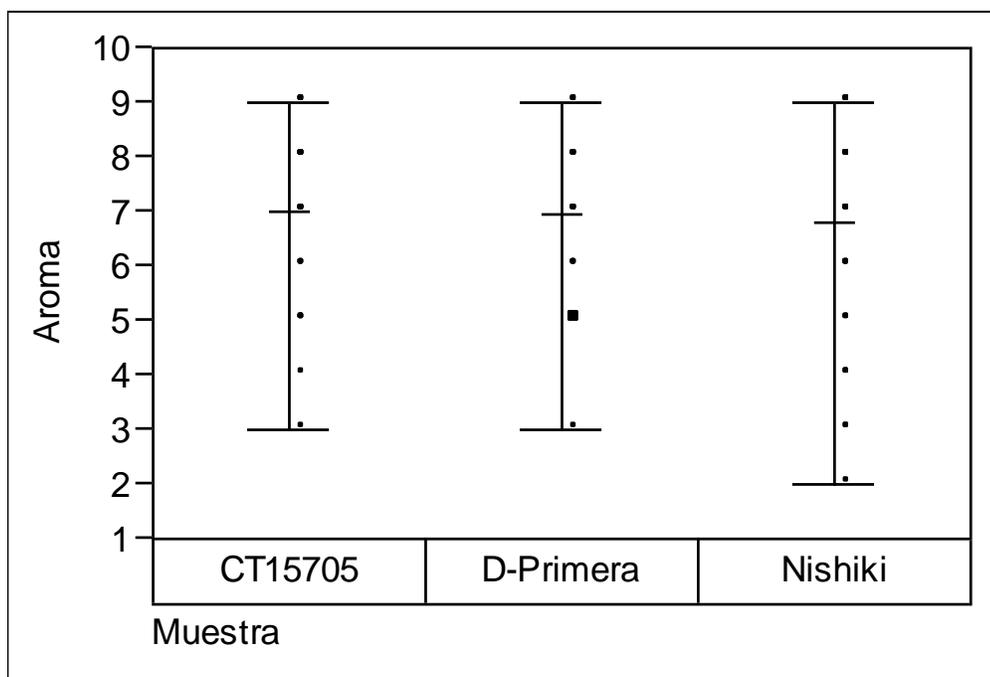


Gráfico 29. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad del atributo aroma de las muestras de sushi. N° panelistas = 46.

5.2.3. Sabor

Para el atributo sabor, al igual que para todos los anteriores, no hubo una diferencia estadísticamente significativa en lo que se refiere a la aceptabilidad de los roles de sushi evaluados (Tabla 32), observándose en el Gráfico 30, que la media estuvo ubicada entre las categorías 7 y 8 de “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho” siendo CT15705 y D-Primera similares a Nishiki.

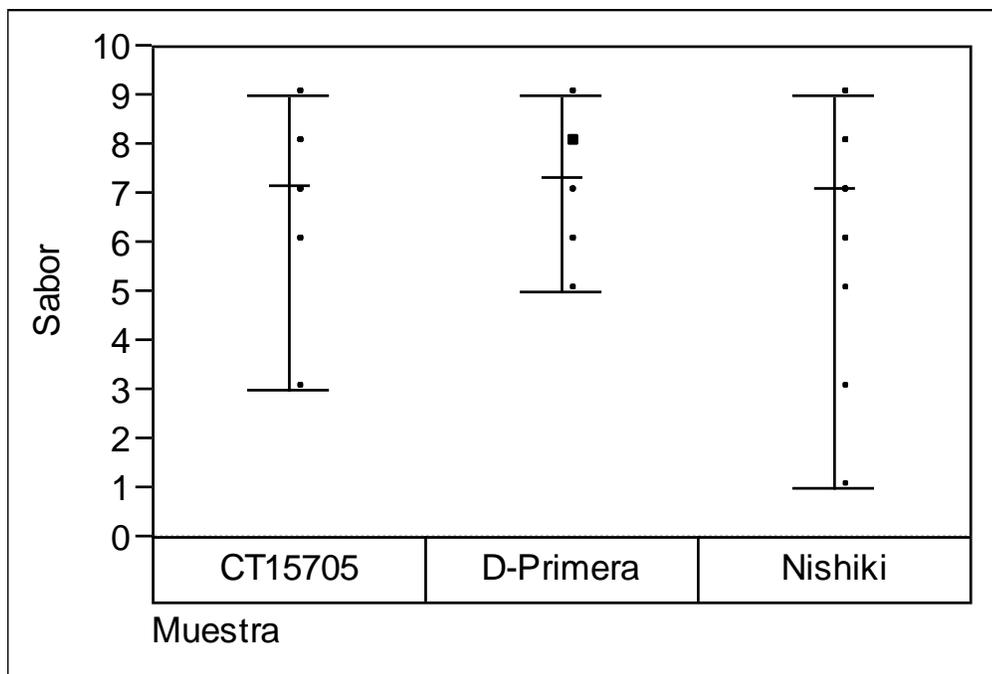


Gráfico 30. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad del atributo sabor de las muestras de sushi. N° panelistas = 46.

5.2.4. Textura

Según la Tabla 32, el atributo textura de los roles evaluados fue aceptado por igual, observándose en el Gráfico 31, que la media estuvo ubicada entre las categorías 7 y 8 de “me gusta moderadamente” y me “gusta mucho”, siendo que CT15705 y D-Primera superaron ligeramente a Nishiki.

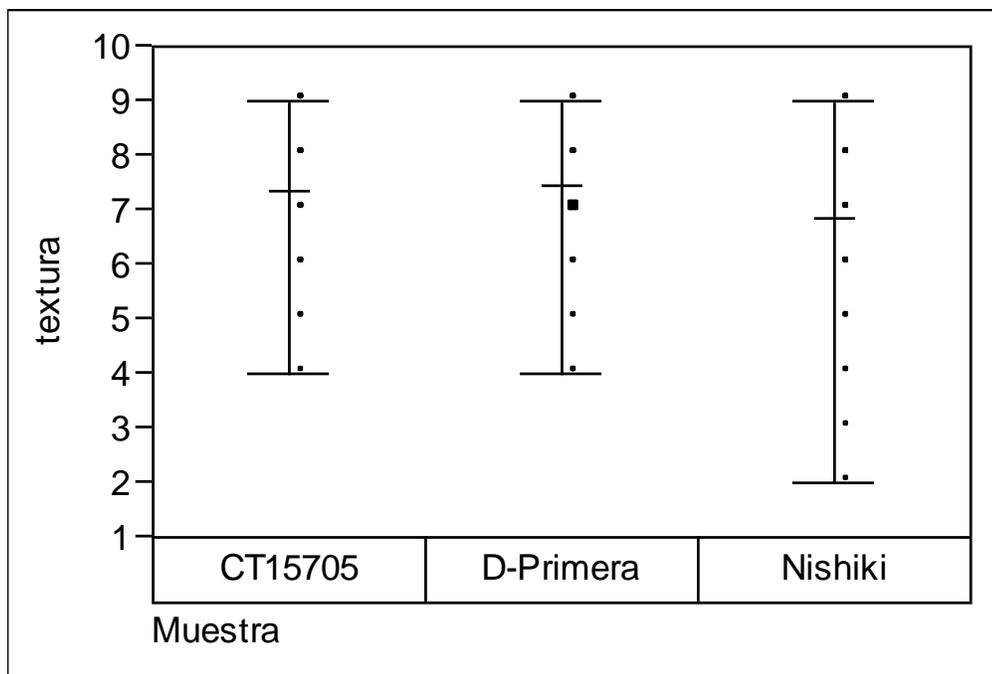


Gráfico 31. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad del atributo textura de las muestras de sushi. N° panelistas = 46.

5.2.5. Apreciación global

Al igual que los otros atributos considerados en esta evaluación, la aceptación referida a la apreciación global fue igual entre las muestras (Tabla 32). Si bien lo anterior es cierto, se nota (Gráfico 32) que el promedio de la puntuación asignada a D-Primera estuvo ubicado entre las categorías “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”, ligeramente superior a CT15705 y a Nishiki.

En síntesis, los roles elaborados con las muestras de arroz de CT15705 y D-Primera presentaron la misma aceptabilidad que los roles de Nishiki, para todos los atributos evaluados (apariencia, aroma, sabor, textura y apreciación global), si bien el producto con D-Primera exhibió una apreciación global ligeramente superior al resto de los productos.

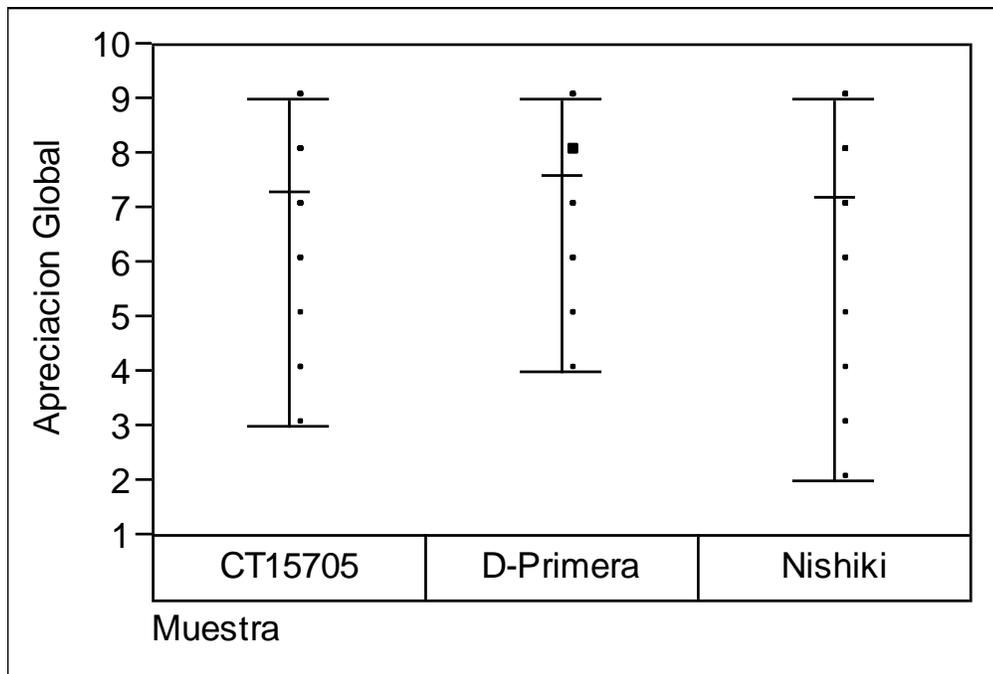


Gráfico 32. Resultados de la evaluación de la aceptabilidad del atributo apreciación global de las muestras de sushi. N° panelistas = 46.

VII. CONCLUSIONES

1. Los pretratamientos Remojo-Lavado y Lavado-Remojo afectaron de manera específica las características físicas, químicas y funcionales de los Cultivares D-primer y CT15705.
2. El cultivar CT15705 presentó un mayor porcentaje de granos panza blanca y de granos yesosos así como también mayor contenido de humedad, cenizas y grasa cruda, pero un menor contenido de proteína cruda que el cultivar D-primer.
3. El contenido de amilosa aparente y el contenido de humedad de ambos cultivares fue bajo y tuvo un ligero aumento con la aplicación de los pretratamientos.
4. Para los parámetros asociados al color, los valores de L^* de las muestras cocidas fueron superiores a las pulidas, debido a la lixiviación de los pigmentos hacia el agua de cocción y el parámetro b^* resultó inferior en las muestras cocidas.
5. En cuanto a la diferencia del color ΔE , los valores de las muestras cocidas fueron inferiores a las de las muestras pulidas en ambos cultivares.
6. El IB de las muestras resultó menor al de las muestras de arroz cocido, este incremento en el IB después de la cocción de las muestras pretratadas, fue consecuencia del aumento de L^* y la disminución de a^* y b^* .
7. Con respecto al perfil amilográfico, los pretratamientos utilizados en este estudio ocasionaron un aumento de la temperatura de empaste, la viscosidad media, la viscosidad final, el “setback” y de la consistencia y una disminución de la viscosidad máxima y del “breakdown”, notándose, en algunos casos, una diferencia que dependió del tipo de muestra evaluada.
8. Para el perfil de textura los cultivares resultaron ser más adhesivos, cohesivos y gomosos, mientras que resultaron con menor elasticidad y la masticabilidad con la

aplicación de los pretratamientos, relacionando esto con las propiedades intrínsecas, así como el contenido de amilosa y humedad de las muestras.

9. En la evaluación de la calidad culinaria y las pruebas de cocción realizadas el tiempo de cocción disminuyó, mientras que la relación expansión volumétrica, la relación absorción de agua y agua evaporada aumentaron con la aplicación de los pretratamientos en las muestras.
10. En los resultados de la evaluación sensorial fase I se determinó que CY15705 y D-primera con lavado-remojo resultaron las más similares a Nishiki en cuanto a su percepción visual.
11. En los resultados de la evaluación sensorial fase II se evidenció la potencialidad de los cultivares para la elaboración del sushi en base a todos los parámetros tomados en cuenta (apariencia, aroma, sabor, textura y apreciación global), siendo D-primera la muestra de arroz que en la apreciación global superó a tanto a CT15705 como a Nishiki.
12. Se evidenció que el pretratamiento lavado-remojo mejora la calidad culinaria en las muestras de arroz.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar lavado-remojo para mejorar el potencial de los arroces D-Primera y CT15705 en la elaboración de sushi, sin la aplicación de aderezo y/o salsa misura para adobar el arroz.
2. De las muestras evaluadas D-primera se perfila como la de mayor potencial para sushi, aplicándole solo lavado.
3. Sería conveniente realizar estudios adicionales en esta línea de investigación como lo es el contenido de almidón total y ampliar lo relacionado con la influencia del mismo.
4. Realizar análisis relacionados con la calidad molinera, como el contenido porcentual de granos enteros (%GE), así como la dimensión del grano.
5. Sería conveniente realizar estudios con condiciones de temperaturas y tiempos de remojo distintos a las utilizadas en este estudio.
6. Realizar estudios complementarios para establecer relaciones entre los distintos análisis físico-químicos y las medidas para ser evaluadas con y sin pretratamiento.
7. Realizar estudios para establecer relaciones entre los distintos análisis físico-químicos y las medidas para ser evaluadas con solo lavado.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **AACC.** 2004. Cereal laboratory methods. The American Association of Cereal Chemists. 10ma Ed., St. Paul, Minnesota, USA. Vol. I y II.
- **Álvarez, L.** 1997. Producción de arroz en Venezuela. Colección Docencia Universitaria. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora. Barinas, Venezuela.
- **Atwell, W. A.; Hood, L. F.; Lineback, E.; Varriano-Marston, E. y Zobel, H. F.** 1988. The terminology and methology associated with basic starch phenomena. *CFW*. **33**(3): 306-311.
- **Ávila, M.** 2005. Incorporación del Rapid Visco Analiser (RVA) para la determinación de la calidad culinaria de arroz. Boletín Informativo DANAC. Enero/Marzo. Año VII N° 3.
- **Beerling, M.** 1999. Techniques for measuring color. *Metal finishing*. **97**: 552- 557-S1.
- **Bello, M., Tolaba, M. P., Suárez, C.** 2004. Factors affecting water uptake of rice grain during soaking. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* **40**: 811-816.
- **Bourne, M. C.** 2002. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. 2da. ed. Academic Press, New York, USA. pp. 183-184.
- **Celaya, A.** 2003. Tipificación y caracterización fisicoquímica y funcional de cuatro variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas en Calabozo, Edo. Guárico. Trabajo Especial de Grado. Departamento de Tecnología de Alimentos, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- **Chakkaravarthi, A., Lakshmi S., Subramanian, R., Hegde V.M.** 2008. Kinetics of cooking unsoaked and presoaked rice. *J. Food. Eng.* **84**: 181-186.

- **Champagne, E.T., Bett, K.L., Vinyard, B.T., Webb, B.D., McClung, A.M., Barton, F.E., Lyon, B.G. y colaboradores.** 1997. Effect of drying conditions, final moisture content, and degree of milling o rice flavor. *Cereal Chem.* **74**(5): 566-570.
- **Champagne, E., Lyon, B. G., Min, B.K., Vinyard, B.T, Bett, K.L., Barton, F. E., Webb, B.D. y colaboradores.** 1998. Effect of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice. *Cereal Chem.* **75**(2): 181-186.
- **Champagne, E. T., Bett, K. L., Vinyard, B. T., McClung, A. M., Barton, F. E., Moldenhauer, K., Linscombe, S. y colaboradores.** 1999. Correlation between cooked rice texture and rapid visco analyzer measurements. *Cereal Chem.* **76**(5): 764-771.
- **Champagne, E. T.** 2004. Rice: Chemistry and Technology. 3ra. ed. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, USA, pp. 223-265.
- **Champagne E.T., Bett-Garber, K.L., Thomson, J.L. Shih, F.F., Lea, J., Daigle, K.** 2008. Impact of presoaking on flavor of cooked rice. *Cereal Chem.* **85**(5): 706-710.
- **Chen, H., Siebenmorgen, T. J.** 1997. Effects of rice kernel thickness on degree of milling and associated optical measurements. *Cereal Chem.* **74**(6): 821-825.
- **Chen, H., Siebenmorgen, T. J. y Griffin, K.** 1998. Quality characteristics of long-grain rice milled in two commercial systems. *Cereal Chem.* **75**(6): 560-565.
- **Cheng, F. M.; Zhong, F.; Wang, G. P. y Zhang, G. P.** 2005. Differences in characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice. *Cereal Chem.* **77**(3): 376-379.

- **CIAT.** 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, p **73**.
[Consultada el 15/02/08].
- **COVENIN.** 1990. Norma Venezolana de arroz paddy. N° 44. Caracas, Venezuela.
- **COVENIN.** 1999. Norma Venezolana de arroz blanco de grano largo. N° 1641. Caracas, Venezuela.
- **DANAC.** 2004. Fundación para la investigación agrícola, Boletín informativo, octubre/diciembre, año X, N° 2. <http://www.danac.org.ve>. [Consulta: 04/04/10].
- **FAO.** 2004. Año internacional del arroz 2004. <http://www.fao.org/rice2004/es/aboutrice.htm>. [Consulta: 03/04/10].
- **FAO.** 2009. Seguimiento del mercado de arroz, diciembre de 2009. http://www.fao.org/es/ESC/es/15/70/highlight_71.html. [Consulta: 06/04/10].
- **FAOSTAT.** 2010. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. [Consulta: 14/04/10].
- **Ferreira, V. L. P. 1981.** Principios y aplicaciones de colorimetría en alimentos. Instrucciones técnicas° 19. ITAL, Campinas, Brasil.
- **Gaceta Oficial de la Republica bolivariana de Venezuela.** N° 39.208. Del 26-06-2009. Año CXXXVI. Artículo 10.
- **García, J. A. L. y Calixto, F. S.** 2000. Evaluation of CIE-Lab parameters during the clarification of a sugar syrup from Mesquite pods (*Prosopis Pallida L.*). Intl. J. Food Sci. Technol. **35**: 385-389.

- **Genkawa T., Tanaka F., Hamanaka D. y UchinoT.,** 2010. Incidence of open crack formation in short-grain polished rice during soaking in water at different temperatures. *Journal of Food Engineering.* **103**(2011): 457–463.
- **Good, H.** 2002. Measurement of color in cereal products. *Cereal Foods World* **47**(1): 5-6.
- **Gonnet, J.** 1998. Colour effects of co-pigmentation of anthocyanins revisited-1. A colorimetric definition using the CIELAB scale. *Food Chem.* **63**(3): 409-415.
- **Han, J-A., Lim, S.T.** 2008. Effect of presoaking on textural, thermal and digestive properties of cooked brown rice. *Cereal Chem.* **86**(1): 100-105.
- **Han, X. Z. y Hamaker, B. R.** 2001. Amilopectin fine structure and rice starch paste breakdown. *J. Cereal Sci.* **34**: 279-284.
- **Himmelsbach, D. S., Barton F.E., McClung, A.M. y Champagne, E.T.;** 2001. Protein and apparent amylose contents of milled rice by NIR-FT/Raman spectroscopy. *Cereal Chem.* **78**(4): 488-492.
- **ISO.** 2004. ESPECTROMETRÍA / COLOR .pp 5.
<http://www.izasa.es/wsite/descargas/publicaciones/lab10.pdf>.
 [consultada el: 8/09/2011].
- **INFOAGRO.** 2002. <http://www.infoagro.com>. [Consulta: 10-04-10].
- **INN.** 2001. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Instituto Nacional de Nutrición. Serie Cuadernos Azules. Publicación N° 54. Caracas, Venezuela.
- **Jarvis, C. y Walker, J.** 1993. Simultaneous, rapid, spectrophotometric determination of total starch, amylose and amylopectin. *J. Sci. Food Agric.* **63**: 53-57.

- **Juliano, B.O, Nazareno, M., Ramos, N.** 1969. Properties of waxy and isogenic non waxy rices differing in starch gelatinization temperature. *J. Agr. Food Chem.* **17**: 1364-1369.
- **Juliano, B.O.** 1971. A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci. Today.* **16**: 334-360.
- **Juliano, B. O. and Perez, C. M.** 1983. Major factors affecting cooked milled rice hardness and cooking time. *J. Texture stud.* **14**: 235-243.
- **Juliano, B.O.** 1985. Rice: Chemistry and Technology. 2da Edición. The American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA.
- **Juliano, B.O.** 2003. Rice Chemistry and Quality. Philippine Rice Research Institute, Manila, Filipinas. pp. 480.
- **Kawasami, Ken.**2001. *The Encyclopedia of Sushi Rolls.* Graph-Sha. <http://www.gastronomiaycia.com/2008/03/22/la-coccion-del-arroz/> [consulta: 10/04/2011].
- **Kazuco, E.** 2004. *Sushi fácil: recetas para iniciarse en la cocina japonesa.* Barcelona: Editorial Óptima. <http://www.gastronomiaycia.com/2008/03/22/la-coccion-del-arroz/>[consulta: 20/02/2011].
- **Kim, S.S., Lee, S.E., Kim, O.W., Kim, D.Ch.** 2000. Physicochemical characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice. *Cereal Chem.* **77**(3): 376-379.
- **Lamberts, L.; De Bie, E.; Vandeputte, G.E.; Veraverbeke, W.; Derycke, V.; De Man, W. y Delcour, J.A.** 2007. Effect of Milling on colour and nutritional properties of rice. *Food Chem.* **100**: 1496-1503.

- **Lee, M.H., Hettiarachchy, N.S., McNew, R.W., Gnanasambandam, R.** 1995. Physicochemical properties of calcium-fortified rice. *Cereal Chem.* **77**(4):352-355.
- **Leelayuthsoontorn, P. y Thipayarat, A.** 2006. Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions. Department of Food Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 91 Pracha U-tid Road, Tungkru, Bangkok 10140, Thailand. **96** (2006) 606–613.
- **León, J. L. y Carreres, R.** 2002. Calidad del arroz criterios para una adecuada valoración. Departamento del arroz, I.V.I.A. *Vida rural*. Dossier de arroz. 40p.
- **Lisle, A. J.; Martin, M. y Fitzgerald, M. A.** 2000. Chalky and translucent rice grains differ in starch composition and structure and cooking properties. *Cereal Chem.* **77** (5): 627- 632.
- **Limpisut, P. y Jindal, V. K.** 2002. Comparison of rice flour pasting properties using brabender viscoamilograph and rapid visco analyser for evaluating cooked rice textura. *Särch/Stärke.* **54**: 350-357.
- **Livore, A. B.** 2002. Calidad Industrial y Culinaria del Arroz. INTA. Concepción del Uruguay. Página web: <http://www.conarroz.com/pdf/MetEvalCB.pdf>, [Consultada el 15/02/08].
- **Lyon, B.G., Champagne, E.T., Vinyard, B. T., Windham, W. R., Barton, F.E., Webb, B.D., McClung, A.M. y colaboradores.** 1999. Effects of degree of milling, drying condition, and final moisture content on sensory texture of cooked rice. *Cereal Chem.* **76**(1): 56-62.

- **Lyon, B.G, Champagne, E.T, Vinyard, B.T, Windham, W.R.** 2000. Sensory and instrumental relationships of texture of cooked rice from selected cultivars and postharvest handling practices. *Cereal Chem.* **77**(1): 64-69.
- **Martin, M. y Fitzgerald, M. A.** 2002. Proteins in rice grains influence cooking properties. *J. Cereal Sci.* **36**(3): 285-894.
- **Martínez, C., Cuevas, F., Medina, L. M.** 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. 3era Edición. CIAT, Cali, Colombia.
- **Martínez, P.** 1998. Situación del cultivo de arroz en Venezuela. FUNDARROZ. 1era Edición. Fundación Polar. Venezuela.
- **Matsuo, T.; Kumazawa, K.; Ishihara, K. y Hirata, H.** 1993. Science of the Rice Plant. Vol. I Morphology. Food and Agriculture Policy Research Center.
- **Meilgaard, M., Civille, G., Carr, B.** 2007. Sensory evaluation techniques. CRC Press. Cuarta Edición. New York, USA.
- **Meullenet, J. F., Marks, B. P., Griffin, K., Daniels, M.J.** 1999. Effects of rough rice drying and storage conditions on sensory profiles of cooked rice. *Cereal Chem.* **76**(4): 483-486.
- **Meullenet, J. F., Marks, B.P., Hankins, J., Griffin, V. K., Daniels, M.J.** 2000. Sensory quality of cooked long-grain rice as affected by rough rice moisture content, storage temperature, and storage duration. *Cereal Chem.* **77**(2):259-263.
- **Mohapatra, D. y Bal, S.** 2006. Cooking quality and instrumental textural attributes of cooked rice for different milling fractions. *J. Food Eng.* **73**(3): 253-259.
- **Molina, L. E.** 1998. Notas sobre la situación de la producción primaria de arroz en Venezuela. AGROALIMENTARIA N° 6, junio, páginas 45-55.

- **Montoya M., Rodríguez N., Pérez-Almeida I., Cova J. y Alemán L.** 2007. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas. *Agronomía Tropical* Av. Universidad, vía El Limón, Edificio Gerencia General, INIA. Apartado 2103. Maracay 2105. Aragua-Venezuela.
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2007000400006&lng=es&nrm=iso [Consulta: 4/04/10].
- **Muratmutsu Y., Tagawa, A., Sakaguchi E., Kasai T.** 2006. Water absorption characteristics and volume changes of milled and brown rice during soaking. *Cereal Chem.* **83**(6): 624-631.
- **Ogawa, Y.; Glenn, G. M.; Orts, W. J. y Wood, D. F.** 2003. Histological structures of cooked rice grain. *J. Agric. Food Chem.* **51**: 7019-7023.
- **Páez, O y A. Ortiz Domínguez.** 2003. Modulo 2: Morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Maracay, Venezuela. **84** p.
- **Páez, O.** 2004. El Cultivo de arroz en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Edit. Romero, A. (Serie Manuales de Cultivo INIA N° 1). Maracay. 202 p.
- **Park, J.K., Kim, S.S, Kim, K.O.** 2001. Effect of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Cereal Chem.* **78**(2):151-156.
- **Parsons, D. B.** 1982. Arroz. Manuales para educación agropecuaria. Trillas: SEP. México. 11: 11-20.
- **Pedrero, D., Pangborn, R.** 1997. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Segunda Edición. Editorial Alhambra Mexicana, México.

- **Perdon, A., Marks, B., Siebenmorgen, T., Reid, N.** 1997. Effects of rough rice storage conditions on the amylograph and cooking properties of medium-grain rice cv. Bengal. *Cereal Chem.* **74**(6):864-867.
- **Rickman, J.F., Gummert, M., Bell, M.A.** 2005. Grain quality. Rice science for a better world. International Rice Research Institute. September 9. <http://www.irri.org>. [consulta: 24/04/10].
- **Saleh, M. I. y Meullenet, J. F.** 2007. Effect of moisture content at harvest and degree of milling (based on surface lipid content) on the texture properties of cooked long-grain rice. *Cereal Chem.* **84**(2): 119-124.
- **Sánchez, B. J.** 2006. Efecto del grado de procesamiento sobre la calidad culinaria de tres variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas en el estado Portuguesa. Trabajo Especial de Grado. Departamento de Tecnología de Alimentos, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, UCV. Caracas, Venezuela.
- **SAS Institute.** 2007. JMP a business unit of SAS. Versión 7.0.2. SAS Institute Inc.
- **Suwansri, S., Meullenet, U.** 2004. Physicochemical characterization and consumer acceptance by Asian consumers of aromatic jasmine rice. *J. Food Sci.* **69**(1): 30-37.
- **Torrealba, G., Parra, R.** 1999. Una estrategia para optimizar el mejoramiento genético de arroz en Venezuela. FLAR/CIAT. Divulga 63 julio –septiembre 1999. <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fdivul.html> [consulta: 24/04/10].
- **Torrealba, G., N. Delgado, R. Álvarez, O. Moreno, W Castillo, E. Reyes, O. Torres, M. Nava, M. Salazar, M. Acevedo, P. Abreu, M. Rodríguez, M. Sánchez, M. Urdaneta y A. Ramos.** 2005. Variedades de arroz de Venezuela desde 1969 al

2005. Caracas, VE, In: II Congreso Venezolano de mejoramiento genético y biotecnología agrícola. Wen site. <http://www.danac.org.ve>[Consulta: 4 /04/10].

• **Singh, N.; Sodhi, N. S.; Kaur, M. y Saxena S. K.** 2003. Physico-chemical morphological, thermal, cooking and textural properties of chalky and translucent rice kernels. *Food Chem.* **82**(3): 433-439.

• **von Atzingen, M. C. y Silva, M. E.** 2005. Evaluación de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten. *Ciencia Tecnol. Alimentaria.* Reynosa, México. **4**(005): 319-323.

• **Webb, B.D.** 1991. Rice Quality and Grades, páginas 89-119 en: Luh, B.S., (ed.), *Rice.* The AVI Pub. Co., 2da Ed., New York, USA.

• **Windham, W.R., Lyon, B.G., Champagne, E.T., Barton, F.E., Webb, B.D., McClung, A.M., Moldenhauer, K.A. y colaboradores.** 1997. Prediction of cooked rice texture quality using near infrared reflectance analysis of whole-grain milled samples. *Cereal Chem.* **74**(5): 626-632.

• **Yadav B.K., Jindal V.K.** 2007a. Dimensional changes in milled rice (*Oryza sativa* L.) kernel during cooking in relation to its physicochemical properties by image analysis. *J. Food Eng.* **81**: 710-720.

• **Yadav B.K., Jindal V.K.** 2007b. Modeling changes in milled rice (*Oryza sativa* L.) kernel dimensions during soaking by image analysis. *J. Food Eng.* **80**: 359-369.

• **Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. y Blanchard, C.** 2002. Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology* **37**: 849-868.

Consultas en línea:

- <http://www.gastronomiaycia.com/2008/03/22/la-coccion-del-arroz/htm>.

[Consulta: 17/02/2011].

- <http://www.wordmagicsoft.com/diccionario/en-es/stringiness.php>.

[Consulta: 3/09/2011].

- http://www.myas.info/archivos/pdf_comercializacion/analisisensorial.pdf.

[Consulta: 3/09/2011]

- <http://www.topbrandsargentina.com.ar/pdf/112-113.pdf> [Consulta: 4/10/11].

- http://www.tormo.com/franquicias/Sushi_Ole/7977 [Consulta: 14-04-10].

X. ANEXOS

ANEXO A

Tabla A1: Norma COVENIN 1641:1999. Arroz blanco de grano largo.

Características	Tipos de arroz					Método de ensayo
	A	I	II	III	IV	
Granos partidos de segunda (%) máx.	3,0	5,0	10,0	25,0	>25,0	COVENIN 3404
Granos partidos de tercera (%) máx.	0,1	0,2	0,5	0,8	1,0	
Granos dañados total (Dañado + punta negra + rojo) (%) máx.	0,6	1,3	1,6	2,0	2,5	
Granos manchados U/100 g. máx.	2,0	10,0	20,0	50,0	100,0	
Granos yesosos (%) máx.	2,0	5,0	8,0	10,0	13,0	
Granos yesosos + panza blanca (%) máx.	5,0	13,0	17,0	21,0	27,0	
Granos con cáscara + objetables U/1000 g. máx.	1,0*	1,0*	3,0*	4,0*	5,0*	
	1,0**	2,0**	5,0**	7,0**	9,0**	
*Individual **Combinado U= Unidades = 1 grano						

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 1999. Norma COVENIN 1641:1999. Arroz blanco de grano largo.

Tabla A2. Norma COVENIN 44-90. Arroz paddy.

Características	Grado del factor*	Tipo de arroz			Método de ensayo
		I	II	II	
Granos manchados (%) Máx.	1	0,1	2,0	4,0	COVENIN 44-90
Granos dañados (%) Máx.	1	1,0	3,0	4,0	
Granos punta negra (%) Máx.	2	2,0	3,0	4,0	
Granos yesosos (%) Máx.	2	5,0	7,0	9,0	
Granos panza blanca (%) Máx.	2	7,0	9,0	11,0	
Granos yesosos + panza blanca (%) Máx.	2	11,0	13,0	17,0	
Granos rojos (%) Máx.	2	0,5	1,0	1,5	
Granos verdes (%) Máx.	2	3,0	5,0	7,0	
Granos sin cáscara (%) Máx	2	0,5	1,0	1,5	

*Para ubicar el arroz en un tipo deberá cumplir estrictamente con todos los factores “Grado 1” (defectos críticos) ente en dos factores “Grado 2” (defectos mayores).

Tabla A3. Gaceta oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela N° 39.208 del 26-06-2009. Artículo 10. El arroz grano largo para seguir comercializando en el territorio nacional, debe cumplir con las siguientes especificaciones:

CARACTERISTICAS	TIPO I	TIPO II	TIPO III
Granos Partidos de segunda (%) Máx.	1 al 10	Mayor que 10 y hasta 18	Mayor que 18 y hasta 25
Granos partidos de Tercera (%) Máx.	0,5	0,9	
Granos dañados total (Dañado+Punta negra+ Rojo) (%) Máx.	1,6	1,8	1,3
Granos Manchados U/100g. Máx.	20,0	40,0	2,0
Granos yesosos (%) Máx.	8,0	10,0	60,0
Granos yesosos + panza blanca (%) Máx.	17,0	19,0	21,0
Grano con cascara + Semillas objetables U/1000g. Máx.	2,0* 5,0**	3,0* 6,0**	4,0* 7,0**

U = Unidades = 1 grano, *: Individuales; **: Combinado.

ANEXO B

Gráficas del perfil de textura:

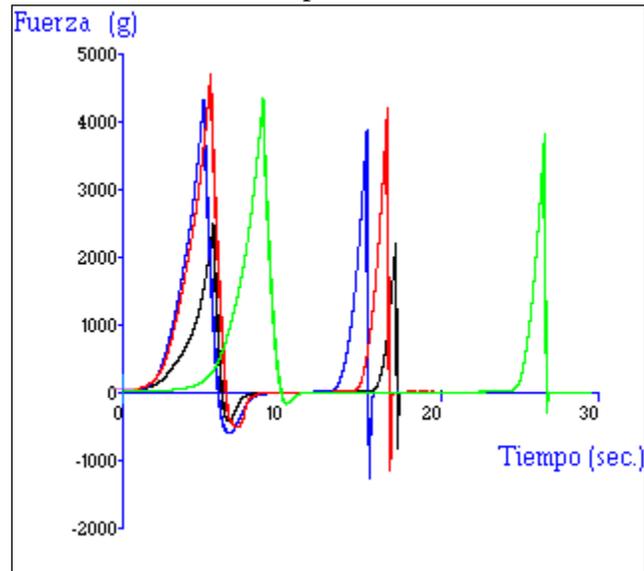


Figura B1: Gráfica de perfil de textura de cada una de las muestras sin pretratamiento.
Color: muestra; Verde: Sativa; Negro: CT15705; Azul: Nishiki; Rojo: D-primer.

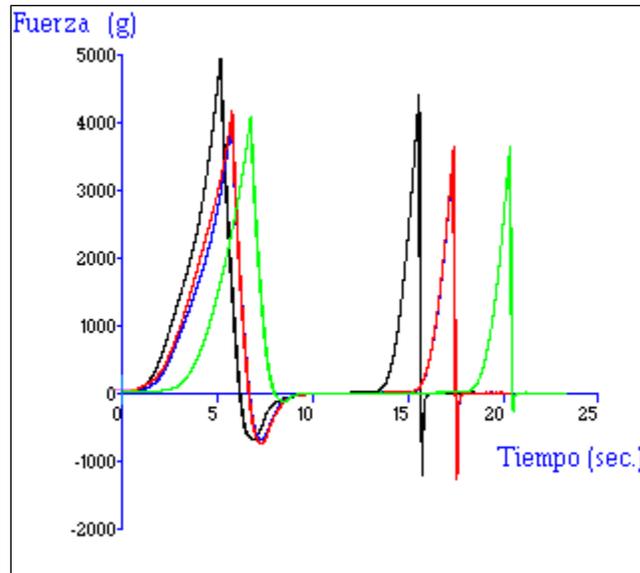


Figura B2: Gráfica de perfil de textura de cada una de las muestras Remojo- Lavado.
Color: muestra; Verde: Sativa; Negro: CT15705; Azul: Nishiki; Rojo: D-primer.

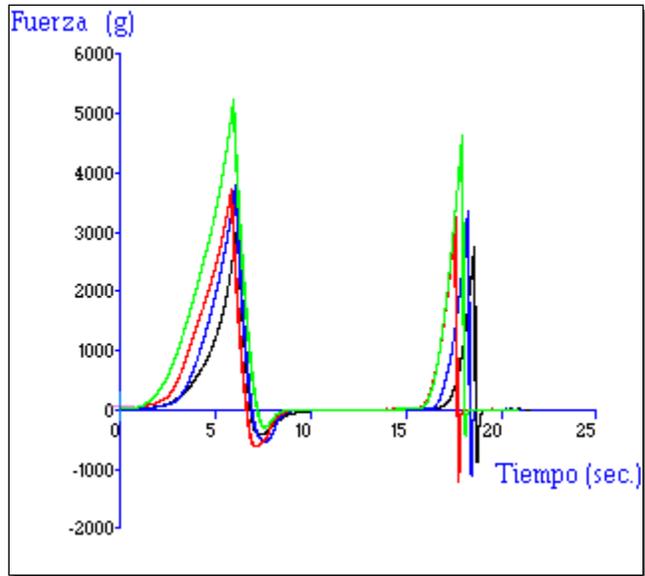


Figura B3: Gráfica de perfil de textura de cada una de las muestras Lavado- Remojo.
Color: muestra; Verde: Sativa; Negro: CT15705; Azul: Nishiki; Rojo: D-primer.

ANEXO C

Tabla C1. Correlaciones de las variables asociadas a los análisis físicos y químicas de las muestras de arroz pulido.

	%GPB	%GY	Cenizas	Proteína cruda	Grasa cruda
%GPB	1				
%GY	0,9115	1			
Cenizas	-0,66	-0,51	1		
Proteína cruda	-0,85	-0,89	0,60	1	
Grasa cruda	-0,62	-0,37	0,90	0,46	1

Tabla C2. Correlaciones de las variables asociadas al color a*, b* y L* de los granos de arroz pulido y cocidos.

		Pulido		
		a*	b*	L*
Pulido	a*	1		
	b*	0,72	1	
	L*	-0,749	-0,56	1
		Cocido		
		a*	1	
Cocido	b*	0,72	1	
	L*	-0,88	-0,69	1

Tabla C3. Correlaciones de las variables asociadas al perfil amilográfico y al contenido de amilosa aparente.

	Visc# media (RVU)	Visc# Pico (RVU)	Breakdown (RVU)	Final Visc (RVU)	Setback (RVU)	Pasting Temp (°C)	Consist encia (RVU)	Amilosa
Visc# media (RVU)	1							
Visc# Pico (RVU)	-0,6	1						
Breakdown (RVU)	-0,89	0,9	1					
Final Visc (RVU)	0,94	-0,61	-0,87	1				
Setback (RVU)	0,92	-0,8	-0,96	0,97	1			
Pasting Temp (°C)	0,69	-0,49	-0,66	0,68	0,68	1		
Consistencia (RVU)	0,84	-0,58	-0,8	0,97	0,93	0,64	1	
Amilosa	0,91	-0,66	-0,87	0,93	0,93	0,81	0,89	1

Tabla C4. Correlaciones de la diferencia de color ΔE asociadas a los granos de arroz pulido y cocido.

	ΔE pulido	ΔE cocido
ΔE pulido	1	
ΔE cocido	-0,52	1

Tabla C5. Correlaciones de las variables asociadas al perfil de textura y el contenido de amilosa aparente.

	Humedad	Dureza	Adhesividad	Cohesividad	Gomosidad	Elasticidad	Masticabilidad	Amilosa
Humedad	1							
Dureza	0,07	1						
Adhesividad	0,44	0,07	1					
Cohesividad	0,15	0,36	0,23	1				
Gomosidad	0,11	0,93	0,18	0,67	1			
Elasticidad	-0,01	0,23	0,05	0,16	0,23	1		
Masticabilidad	0,06	0,83	0,17	0,60	0,89	0,64	1	
Amilosa	0,91	-0,66	-0,87	0,93	0,93	0,81	0,89	1

Tabla C6. Correlaciones de las variables asociadas a la determinación de la Calidad Culinaria y la dureza.

	Tiempo de cocción (min)	Relación Expansión Volumétrica	Relación Absorción de agua	Agua evaporada	Dureza
Tiempo de cocción (min)	1				
Relación Expansión Volumétrica	0,12	1			
Relación Absorción de agua	-0,98	-0,84	1		
Agua evaporada	-0,37	-0,13	0,36	1	
Dureza	0,30	-0,05	-0,37	-0,45	1

Tabla C7. Correlaciones del Índice de blancura IB asociadas a los granos de arroz pulido y cocido.

	IB cocido	IB pulido
IB cocido	1	
IB pulido	0,84	1

ANEXO D

Planilla de Evaluación Sensorial Fase I:

Nombre: _____ Fecha: _____

A continuación se le presenta una serie de instrucciones con las cuales realizara la evaluación de la siguiente manera:

1. Observe detalladamente la muestra 340
2. Observe detalladamente cada una de las muestras
3. Evalúe los atributos de cada una de las muestras y compare con la muestra 340 utilizando la siguiente escala:

5	Difiere extremadamente
4	Difiere mucho
3	Difiere moderadamente
2	Difiere ligeramente
1	No difiere

Código	Color	Adhesividad	Brillo	Tamaño del grano

Observaciones:

Planilla de la Evaluación Sensorial de la Fase II.

Nombre: _____ Fecha: _____

Tipo de roll: _____

Por favor, indique la clasificación de los atributos señalados a continuación con base a la escala adjunta:

Muestra	Apariencia	Aroma	Sabor	Textura	Apreciación global

9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta ligeramente
5	Me es indiferente
4	Me desagrada ligeramente
3	Me desagrada moderadamente
2	Me desagrada mucho
1	me desagrada extremadamente

Observaciones:

ANEXO E

La muestra de arroz Sativa, luego de realizarse ambos pretratamiento, la cocción y aun aplicándole la salsa misura no califica para la elaboración del producto sushi.



Figura E1: Muestra Sativa Remojo-Lavado.



Figura E2: Muestra Sativa Remojo-Lavado.



Figura E3: Muestra Sativa Lavado-Remojo.



Figura E4: Muestra Sativa Lavado-Remojo.