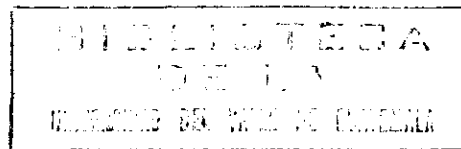


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias Y Humanidades

Evaluación del grano de Amaranto Crudo y
Procesado en la Producción Experimental
de Cerveza

Claudia María Hernández Kessels



Guatemala

1996

EVALUACION DEL GRANO DE AMARANTO
CRUDO Y PROCESADO EN LA PRODUCCION
EXPERIMENTAL DE CERVEZA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería y Ciencias de Alimentos

EVALUACION DEL GRANO DE AMARANTO
CRUDO Y PROCESADO EN LA PRODUCCION
EXPERIMENTALDE CERVEZA

CLAUDIA MARIA HERNANDEZ KESSELS

Trabajo de graduación presentado para optar
al grado académico de
Licenciatura en Ingeniería y Ciencias de Alimentos

Guatemala

1996

Vo. Bo. :

(f) Ricardo Bressani
Dr. Ricardo Bressani

Tribunal:

(f) Ricardo Bressani
Dr. Ricardo Bressani

(f) Patricia Palacios de Patomo
Lic. Patricia Palacios de Patomo

(f) Ana Silvia Colmenares
Lic. Ana Silvia Colmenares

Fecha de aprobación: Septiembre 17 de 1996

DEDICO ESTA TESIS:

A Dios y a la Virgen María

A mis padres: Mauricio Hernández
Ruth Kessels de Hernández

A mis hermanos: Ruth Eugenia Hernández Kessels
Hector Mauricio Hernández Kessels
Sylvia Rasch de Hernández

A mi sobrino: Ian Mauricio Hernández Rasch

A mis abuelos.

A mi primo: Gerardo Moreno Kessels

Al Doctor: Ricardo Bressani

A la Licenciada: Patricia Palacios de Palomo

A mis amigos: Karen Altalef
Juan Arturo Altuve
Mauricio y Luisa Fernanda Goyzueta
Jorge Eduardo Spross
Dennis Shepherd
Rosie Bressani
Jean Paul y Betty Tarot
Mónica Suhr
Carlos Fuentes
Porfirio de Leon
Estuardo Destarac

Y a todos los que ayudaron a la realización de este trabajo de investigación.

CONTENIDO

	Páginas
I. Introducción	1
II. Revisión Bibliográfica	3
III. Objetivos e Hipótesis	34
IV. Justificación	35
V. Diseño Experimental	37
VI. Procedimiento	38
VII. Materiales y Métodos	39
VIII. Resultados y Discusiones	41
IX. Conclusiones	94
X. Recomendaciones	95
XI. Bibliografía	96
Anexos	
A. Tabla resultados de los análisis de la cerveza experimental	98
B. Tabla resultados obtenidos del análisis sensorial referente al olor, color y sabor que más gustó.	100
C. Análisis Estadístico Xi cuadrado	101

RESUMEN

El propósito del presente estudio, fue conocer la posibilidad de utilizar el grano de amaranto como un grano adjunto en la fabricación de cerveza.

Para tal propósito se utilizó el método convencional de fabricación de cerveza que, básicamente consiste en la hidrólisis de los almidones de los cereales adjuntos con cebada malteada, la adición del sabor amargo aportada por el lúpulo y finalmente la fermentación inducida por *S. cereviceae*.

Con el fin de asegurar la hidrólisis de los almidones del grano de amaranto, éste fue procesado previo a la gelatinización normal, que se obtiene durante la cocción en agua, antes del agregado de la cebada malteada. Los tratamientos utilizados, fueron expansión del grano por calor en seco, y nixtamalización del grano, por cocción en húmedo y con agregado de cal. Además, se produjo en otra muestra, una germinación limitada del grano de amaranto, la cual indujo alguna hidrólisis de los almidones en azúcares, y posiblemente en otros compuestos. Otro tratamiento, fue el perlado del grano de amaranto, sin gelatinización previa, proceso que elimina el germen, fracción rica en proteína y grasa. Con la excepción del grano perlado, que fue de grano claro, los procesos aplicados al grano de amaranto fueron en grano de color claro y en grano oscuro. Este último de poco o ninguna aplicación en harinas compuestas por el color, para fines de alimentación humana o desarrollo de productos.

El grano de amaranto ya procesado, se utilizó como grano adjunto en una proporción del 25% con cebada malteada en un 75%. La fermentación se llevó a cabo por 72 horas a temperatura ambiente (22-25C).

La evaluación de la conversión del almidón del grano de amaranto en cerveza, se llevó a cabo midiendo los siguientes parámetros antes y después de la fermentación: la gravedad específica y la viscosidad. En el producto fermentado, o sea la cerveza, se evaluó el pH, sólidos totales, el grado de acidez y el porcentaje de alcohol. Estos parámetros, evaluados en los productos derivados del grano de amaranto, se compararon con valores en cerveza experimental producida de arroz como grano adjunto y en una cerveza comercial.

El análisis de esta información, indicó que la viscosidad y gravedad específica eran más altos antes de la fermentación que después, no habiendo diferencias estadísticas entre color del grano ni pre-procesos aplicados al mismo. Tampoco hubo diferencia con el control de arroz, ni con la cerveza comercial. Lo mismo se pudo encontrar en lo referente a la acidez, pH, sólidos totales y porcentaje de alcohol de, lo cual se deduce que el grano de amaranto puede ser utilizado en la fabricación de cerveza, y que no es necesario el tratamiento previo a la gelatinización normal del proceso de producción de cerveza, ya que el grano perlado, que fue usado en crudo, dio muy buen resultado.

Las cervezas producidas, también fueron evaluadas organolépticamente. Esta evaluación indicó menos aceptabilidad en comparación con la cerveza comercial, posiblemente debido a diferencias en su fabricación respecto de la cerveza experimental. Sin embargo, las cervezas producidas con amaranto, no

fueron de pobre aceptabilidad organoléptica ya que las comparaciones entre ellas las del arroz, indicaron calidad superior, como la del grano oscuro expandido. Aunque no fue posible evaluar el color de la cerveza experimental, esta fue para todos los casos, de un amarillo claro, similar a la de la cerveza comercial. La única excepción, fue la de la cerveza experimental fabricada con amaranto oscuro expandido, la cual produjo un color ámbar claro. En futuros estudios es necesario concentrarse en sólo una muestra de amaranto, como la del grano oscuro, y estudiar con más detalle y profundidad tecnológica, la conversión de esa materia prima en cerveza.

I. INTRODUCCION

Se ha indicado con mucha frecuencia, que el grano de amaranto fue el grano de mayor importancia después del maíz para las civilizaciones Maya, Azteca e Inca. Su cultivo disminuyó substancialmente después de la llegada de los españoles a la América, por estar el grano de amaranto destinado a ritos religiosos.

Hace aproximadamente unos 15 años, revivió el interés en el grano de amaranto, debido no sólo a sus propiedades agronómicas, sino también al alto valor nutritivo que el grano posee. Desde entonces a la fecha se ha realizado suficiente investigación en áreas de genética, agronomía y utilización para que el grano pueda ocupar una posición atractiva como fuente de alimentación para una siempre creciente población mundial.

La investigación, ha demostrado que el amaranto es una planta con mucho potencial de uso. En la actualidad, el mayor uso que se le da, es como verdura y ya se principia a ver su potencial como forraje. El grano, en diferentes formas de procesamiento, puede jugar un papel importante en alimentos derivados de harinas compuestas, por ejemplo de tortilla, pan, pastas, repostería, alimentos dietéticos y muchos más. La demostración de sus múltiples aplicaciones, puede ser un incentivo para su producción comercial en el mundo.

El proceso de fermentación, es uno de los más antiguos desarrollados por el hombre y es uno de los procesos más económicos en la producción y conservación de alimentos de alta aceptabilidad. Se pueden citar muchos

ejemplos, entre los cuales está la preparación de lo que actualmente se conoce como cerveza. Esta preparación, que se inició a nivel del hogar, constituye, una de las industrias de alimentos de gran magnitud tanto en países económicamente desarrollados, como los que están en proceso de desarrollo. La cerveza se ha convertido en una bebida popular consumida por muchos sectores de la población mundial.

Básicamente consiste en la conversión enzimática, de los almidones en alcohol, a través del uso de diversas levaduras que, junto con el lúpulo, le da el sabor que aprecia la población. La fuente de enzimas, es la cebada malteada que sola o con otros granos, da el substrato para su conversión. Los otros granos incluyen maíz, arroz, maicillo, mijo y trigo. También se han utilizado otros alimentos ricos en almidones. Sin embargo, los granos continúan siendo los principales.

El grano de amaranto, es parecido a los cereales en composición química. Sin embargo, no se conocen estudios que se hayan efectuado para evaluar su potencial en un producto como la cerveza, aunque es posible que este grano haya sido transformado por fermentación en un alimento. Fue esta la razón que dio origen al presente estudio, cuyo fin fue evaluar la posibilidad de usarlo para la preparación de la cerveza.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

El grano de amaranto (*Amaranthus sp*) es un pseudo cereal de mucha importancia en la alimentación y nutrición de las antiguas civilizaciones de América Latina, en particular de los Aztecas, Mayas e Incas. Su producción se dice que era la más importante después del maíz y su uso aparentemente estaba relacionado con rituales religiosos. Por esta razón, su producción y uso fue decayendo con la colonización española. En varias partes, sin embargo, persistió su producción y uso pero ya en una dimensión limitada. Fue en 1984, cuando el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos, llamó la atención del mundo con la publicación: *Amaranth Modern Prospects for an Ancient Crop*, del potencial agronómico, alimenticio/nutricional y de utilización del grano de amaranto. Es una planta de metabolismo C4 resistente a la sequía y de alto rendimiento. Su estimado de nutrientes, en particular proteína y grasa, es superior a la de los cereales y el valor nutritivo de la proteína es comparable al valor nutritivo de alimentos de origen animal y muy superior al valor nutritivo de alimentos de origen vegetal, en particular del maíz, arroz, trigo y otros. Por estas razones, el grano ha sido transformado en formas que están encontrando aplicaciones en alimentos fabricados en algunos países. Sin embargo, los adelantos desde 1984 a la fecha en aplicaciones alimenticias, ha sido menor de lo esperado, a pesar de que en México se usa muy comúnmente en el alimento curado como Alegría. En Estados Unidos, se encuentra en una gran variedad de

alimentos para el desayuno. En otros países, se está utilizando como ingrediente en alimentos para niños menores de 5 años.

A pesar del número relativamente bajo de aplicaciones en alimentos, se ha llevado a cabo una cantidad significativa de investigación básica sobre el grano de amaranto que está facilitando su aplicación y diversificación en el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

En las antiguas civilizaciones, una manera de uso del amaranto era en forma fermentada, pero detalles de esta transformación no se han encontrado. Si los productos fermentados fueran de calidad y aceptables, la conversión y utilización del amaranto en esa forma, podría ser un incentivo más para incrementar su producción y disponibilidad. Con esta idea, en esta investigación se pretenderá evaluar la factibilidad de usar el grano de amaranto crudo y procesado en la producción experimental de la cerveza.

DEFINICIÓN:

La cerveza es una bebida elaborada con granos de cebada germinados y fermentados. Se obtiene mediante un laborioso procedimiento que incluye la fermentación de un mosto fabricado con granos de cebada germinada, lúpulo, levadura y agua. Es una bebida de bajo contenido alcohólico (no mayor de un 5%), cuyo consumo en el mundo, ha llegado a superar al del vino. La cebada germinada recibe el nombre de malta. El lúpulo que se agrega a la malta, da a la cerveza, su peculiar aroma y su sabor ligeramente amargo pero agradable. Desde tiempo inmemorial ha sido una bebida popular. Se conocía en Babilonia

5,000 años a. de J.C., y también en China, desde remotas épocas. Los egipcios la elaboraban a base de cebada, y los chinos, de arroz. Entre los sajones y daneses, llegó a ser tan popular, que la leyenda le atribuía ser la única bebida de los dioses en la mansión sagrada de Walhalla.

Con la invasión de los sajones y daneses llegó la cerveza a Inglaterra, donde no tardó en aclimatarse y hacerse popular. Fue en Alemania sin embargo, donde predominó como bebida nacional.

Hay muchas clases de cerveza, pero en general, pueden dividirse en dos grandes grupos: claras y oscuras. Las primeras se preparan con malta ligeramente tostada y las segundas con malta muy tostada.

COMPOSICIÓN:

Los datos de composición química de la cerveza oscura y la cerveza clara, se detallan en los siguientes cuadros. En general, los datos son bastantes similares entre los dos tipos de cerveza, siendo el color y sabor, los aspectos que los diferencian. Como se puede deducir de los datos, la ingestión aporta pequeñas cantidades de diferentes nutrientes en particular vitaminas y minerales.

-Cerveza Oscura:

Tabla #1: Constituyente de la cerveza oscura en base a 100 gramos de cerveza:

CONSTITUYENTE	DIM	PROMEDIO
Agua	gramo	91.10
Proteína	gramo	0.40
Grasa		0.00
Carb. Disp.	gramo	2.80
Sodio	milli	3.00
Potasio	milli	50.00
Calcio	milli	3.00
Fósforo	milli	25.00
Selenio	micro	19.00
Caroteno	micro	5.40
Vitamina B1	micro	4.00
Vitamina B2	micro	30.00
Nicotinamida	milli	0.88
Ac. Pantotéico	micro	80.00
Vitamina B6	micro	50.00
Biotina	micro	0.50
Tiramina	milli	0.51
Almidón		0.00
Dextrina	gramo	3.50
Etanol	gramo	5.40

(Souci, 1989)

-Cerveza Clara:

TABLA #2: COMPOSICIÓN DE LA CERVEZA CLARA EN BASE A 100 GRAMOS DE CERVEZA

CONSTITUYENTE	DIM	PROMEDIO
Agua	gramo	90.60
Proteína	gramo	0.50
Grasa		0.00
Carb. dispon.	gramo	2.90
Minerales	gramo	0.20
Sodio	milli	5.00
Potasio	milli	38.00
Magnesio	milli	9.00
Calcio	milli	4.00
Manganeso	milli	29.00
Hierro	micro	42.00
Cobre	micro	40.00
Zinc	micro	20.00
Níquel	micro	100.00
Cromo	micro	0.70
Fósforo	milli	28.00
Cloruro	milli	35.00
Fluoruro	micro	50.00
Yodo	micro	0.70
Boro	micro	5.00
Selenio	micro	9.00
Silicón	milli	6.00
Vitamina B1	micro	4.00
Vitamina B2	micro	30.00
Nicotinamida	milli	0.88
Ac. Pantotéico	micro	80.00
Vitamina B6	micro	50.00
Biotina	micro	0.50
Ac. Fólico	micro	5.00
Histamina	milli	0.63
Tiramina	milli	5.50
Ac. Málico	milli	11.90
Ac. Cítrico	milli	3.20
Ac. Oxálico	milli	1.60
Ac. Succínico	milli	2.20
Ac. Fumárico	milli	1.20
Ac. Glicólico	milli	1.80
Ac. Galacturónico	milli	0.25

Ac. Pirúvico	milli	4.80
Ac. Glucónico	milli	4.90
Glucosa	milli	13.30
Maltosa	milli	187.50
Arabinosa	milli	7.20
Galactosa	milli	1.40
Almidón		0.00
Dextrina	gramo	2.50
Sorbitol	milli	1.70
Manitol	milli	2.00
Etanol	gramo	3.61

(Souci, 1989).

PROCESO:

-Diagrama de Flujo:

PREPARACIÓN DE LA MALTA: Los granos se mojan y se dejan germinar:

- a. Remojo: Se ponen los granos en agua hasta humedad deseada, aproximadamente 42-44% para malta clara y 44-46% para oscura. La temperatura normal es de 10-15C. Agua tibia (20-30C) o caliente (35- 38C), aceleran el tiempo. Tratamiento alcalino ayuda a reducir contaminación microbiana.
- b. Germinación: Cuando se llega a la humedad deseada, los granos se dejan germinar. La temperatura óptima de germinación es de 15-20C. El proceso para malta clara dura aproximadamente 7 días, y para malta oscura 9 días.
- c. Kilning: Los granos germinados son secados. Al inicio contienen 42-45% de humedad. Primero son secados a 35-40C por 12 horas. Después la malta es calentada a su temperatura de rostizado en dos horas y es rostizado por 4-5 horas a 80C para malta clara y a 105C para malta oscura. Se llega a un 2- 3% de humedad.

PREPARACIÓN DEL LÚPULO: La malta obtenida se dispersa en agua. Se forma una solución fermentable clara, obtenido de filtración. Cuando ha sido hervido con los hops, el lúpulo adquiere el sabor típico de la cerveza.

- a. La malta se desintegra y los productos obtenidos se combinan en las proporciones deseadas. Se recomienda una filtración húmeda. La malta se ajusta a un 25-30% de humedad.
- b. Mashing: por 100kg de malta se necesitan 8 hectolitros. El curso del pH y la temperatura son importantes (ver mashing en operaciones).

- c. Separación del lúpulo de residuos insolubles del grano. Los granos se deben lavar de 3-4 veces con agua.
- d. Ebullición del lúpulo y el Hop: esto se hace en un kettle cervecero. La adición del hop se ajusta al tipo y calidad de cerveza deseado. La cantidad para cerveza clara light lager (en conos de hop/hectolitros) es de 130-150gr. Para pilsener es de 250-400gr; para oscura 130-170gr. Ebullición por dos horas, concentra el lúpulo, coagula las proteínas, solubiliza los ingredientes del hop, convierte los compuestos amargos en su forma isómera e inactiva enzimas. El lúpulo caliente es enfriado, filtrado e inyectado con levadura.

FERMENTACIÓN: Se da fermentación de fondo y fermentación de arriba. Ver la parte de operaciones.

EMBOTELLADO: Después de añejar la cerveza, ésta es filtrada por filtros de algodón y algunos silicatos. Después, se pasa a cisternas de metal, sin espuma. El llenado se lleva a cabo a partir de un tanque especial. La pasteurización da estabilidad biológica a la cerveza. Para evitar la precipitación de proteína y cambios de sabor, se calienta en baño de agua o de vapor a 62C por 20 minutos. (Belitz, 1987).

A continuación, un resumen de lo que se hace en cada paso del proceso de la fabricación de cerveza.

Malteado: Los granos de cebada se preparan para la fabricación de cerveza por malteado. Se limpian, se almacenan por 4 a 6 días y se secan aproximadamente a 82C. La germinación desarrolla enzimas, en particular diastasas que convierten los almidones en azúcares (Desrosier, 1989).

Molienda: En la cervecería, la cebada se muele perfectamente y se coloca en un recipiente con agua cerrado, que se conoce como tina de maceración. Esto se agita a 37C para romper las proteínas de la malta de manera que se disuelvan en el agua. La mezcla resultante de agua y malta se conoce como mosto. Casi siempre se requieren 250kg de malta para preparar 1900 lt. de cerveza (Desrosier, 1989).

Maceración: Mientras se prepara el mosto de malta, se coloca arroz o maíz con agua caliente en una tina llamada hervidor. El arroz o el maíz y el agua se agitan hasta que el almidón de los granos se hace gelatinoso. El líquido caliente gelatinoso, se agrega al mosto de malta. La temperatura de la mezcla tiene el promedio de 68C, a la cual se llama temperatura de conversión (Desrosier, 1989). Esto se hace con el fin de extraer los materiales más solubles y gelatinizar los almidones, haciendo a éstos más susceptibles a la extracción y a la acción enzimática que los desdobla en dextrinas y azúcar (Potter, 1978). A esta temperatura, las enzimas de malta convierten el almidón, tanto de la malta como del grano, en azúcares fermentables (Desrosier, 1989). El pequeño cocimiento, también libera proteínas que las enzimas desdoblan en compuestos de menor peso molecular (Potter, 1978).

Estos cambios se logran en cubas de diseño especial, y la operación total se conoce como maceración. Generalmente empieza a unos 38C y se aumenta paulatinamente la temperatura de la malta hasta alcanzar unos 77C. Este calentamiento se hace en etapas, con períodos de descanso de unos 30 minutos. Entre los aumentos paulatinos de temperatura, para que determinadas amilasas y proteinasas puedan funcionar antes de que el calor las inactive (Potter, 1978).

Filtración y lavado: El mosto convertido, se transfiere a un tanque de filtrado llamado cuba de filtrado. La parte líquida se filtra y se recoge. Después, la masa se lava antes de eliminar el último residuo líquido (Desrosier, 1989).

Ebullición y adición del lúpulo: El mosto se introduce por bombeo a una gran caldera. Se le añade una cantidad precisa de lúpulo y se hierva la mezcla

durante unas 2 horas y media. Al término de esta operación, se deja que los residuos de lúpulo se asienten y se saca el mosto de la caldera a través del lecho de lúpulo que así lo filtra parcialmente. Se enfría el mosto (Potter, 1978).

La ebullición del mosto con el lúpulo logra varios propósitos. Lo concentra, casi lo esteriliza, inactiva las enzimas, precipita las proteínas restantes que, de otra manera, contribuirían a la turbidez de la cerveza. Carameliza los azúcares ligeramente, y extrae las sustancias preservativas, saborizantes y colorantes del lúpulo (Potter, 1978).

Fermentación: Ahora el mosto se inocular con cultivos de levadura *Saccharomyces* para proseguir con la fermentación del azúcar formado del almidón durante la maceración. La fermentación en tanques, se lleva a cabo a temperaturas entre 4 y 14C, según la clase de levadura empleada y la cervecería. La fermentación requiere de 9 días. Produce un contenido alcohólico en el mosto de un 4.6% del volumen (Potter, 1978).

Maduración: La cerveza se enfría hasta alcanzar 0C. Se filtra para eliminar la mayor parte de la levadura y otros materiales suspendidos, y se introduce por bombeo a unos tanques de almacenamiento a presión, situados generalmente en el sótano de la cervecería. La cerveza nueva, se deja reposar en estos tanques por un período que fluctúa entre varias semanas y varios meses. Durante este período de almacenamiento a 0C, se asientan las finas partículas suspendidas de proteínas, levadura y demás materiales, y se desarrollan los ésteres y otros compuestos saborizantes, todo lo cual contribuye a mejorar el cuerpo y sabor de la cerveza (Potter, 1978).

Durante el almacenamiento, es usual añadir más dióxido de carbono a la cerveza, para suplementar el que fue desarrollado y absorbido durante la fermentación. Esto se hace bombeando la cerveza periódicamente a través de un carbonatador, o introduciendo burbujas de dióxido de carbono a los tanques de almacenamiento (Potter, 1978).

INGREDIENTES:

Malta: El ingrediente más importante, desde el punto de vista de cantidad y función, es la cebada germinada, llamada malta. Esta es el grano de cebada que se ha dejado germinar un poco y luego se ha secado y tostado (Potter, 1978).

Este simple proceso, ayuda a transformar los almidones en el grano, que serán convertidos en azúcares fermentables durante el proceso (William's Brewing).

Lúpulo: El lúpulo es una planta cuyas flores contienen resinas y aceites esenciales que dan a la cerveza su característico sabor amargo y un aroma agradable. También contienen taninos, que intensifican el color. Los materiales extraídos del lúpulo durante la elaboración de la cerveza, poseen propiedades preservativas y mejoran la capacidad de retener la espuma (Potter, 1978).

Cereales secundarios: Estos son arroz, maíz y otros cereales añadidos a la cebada germinada para proporcionar más carbohidratos, principalmente almidón, que serán convertidos en azúcar para la fermentación subsecuente (Potter, 1978).

Levadura de Cerveza: Se activa cuando se le añade a la malta, agua y lúpulo. La levadura fermenta las azúcares de la malta en la cerveza por varias semanas (William's Brewing).

La levadura de cerveza utilizada, es exclusivamente del tipo de *Saccharomyces*. Dos tipos son reconocidos: levadura para fermentación de arriba (top) para temperaturas $> 10^{\circ}\text{C}$, y levaduras de fermentación de fondo (bottom), utilizadas a 0°C . Las levaduras de la fermentación de arriba son las *Saccharomyces cerevisiae* Hansen que fermentan solamente $3/4$ de rafinosa. La levadura de la fermentación de fondo utilizada es la *Saccharomyces carlsbergensis* Hansen. Fermenta todas las azúcares incluyendo la rafinosa (Berlitz, 1984).

Agua: Es el mayor componente en la cerveza. Es importante entender que los minerales son necesarios en el proceso de elaboración de cerveza y cómo afectan en el sabor de la cerveza. (William's Brewing).

OPERACIONES:

-Mashing:

Para 100 kg de malta, se necesitan 8 hectolitros de agua. El curso del pH y la temperatura durante el mashing es de suma importancia para determinar la composición del lúpulo (wort) y el tipo y calidad de la cerveza. La actividad óptima de la alfa-amilasa es de $72-76^{\circ}\text{C}$ a pH de 5.3-5.8, y de la beta amilasa es de $55-65^{\circ}\text{C}$ a pH de 4.6. Sin embargo, el lúpulo (wort) con un pH cerca de 6, si el pH no es ajustado, no va a proveer las condiciones óptimas para la acción de las

enzimas. Los métodos utilizados para el control de la temperatura, son de dos tipos: cocción e infusión, el de cocción, la temperatura del mash total desde el inicio hasta el final, es elevada removiendo una alicuota de mash, calentándola a ebullición y después retornándola al mash inicial, y así sucesivamente. Se utilizan regresos de mash de uno, dos o tres en el comercio. El de tres, es utilizado exclusivamente para cerveza oscura; el de dos es utilizado para cerveza "light", y el de uno es utilizado para todo tipo de cerveza (Belitz, 1984).

En el método de infusión, utilizado sobre todo en Inglaterra, la temperatura terminal del mash es alcanzada por inyección de vapor vivo o adición de agua caliente (Belitz, 1984).

-Fermentación:

Fermentación de fondo (bottom): Involucra un paso primario y uno secundario. En la fermentación primaria, el lúpulo enfriado con aproximadamente 6.5-18% de masa seca extraída de la malta ("stemwort") es introducida a tanques de fermentación enfriados a 5-6C. Los tanques son fabricados con aluminio o acero V₂A. El lúpulo, es inoculado con levadura y fermentado a 4-11C hasta que el 85-90% del extracto fermentable se ha convertido. La fermentación primaria, se completa en 8-10 días, tiempo en el cual la levadura se "rompe", y se va al fondo. La cerveza se pasa a un tanque más grande y limpio. La levadura del fondo se filtra, se lava y se rehusa en la siguiente fermentación (Belitz, 1984).

La cerveza joven es guardada por 1-4 meses en tanques a 1.5-2C para la fermentación secundaria. Durante este tiempo, fermentación extensiva de azúcares residuales puede ocurrir, acompañada por enriquecimiento de dióxido

de carbono, clarificación de la cerveza y maduración. El tiempo de almacenamiento es de 6-12 semanas para la cerveza de Munich, conteniendo 11-14% de stemwort (Berlitz, 1984).

-Fermentación de arriba (top): La fermentación primaria, se lleva a cabo en tanques, pero a temperaturas más altas (15-20C) que en la fermentación de fondo, y requiere un total de 2-7 días. La levadura forma una capa sólida encima del tanque. La fermentación secundaria es un proceso lento y puede continuar en tanques o en las botellas (Berlitz, 1984).

ADITIVOS ESPECÍFICOS:

CEREALES:

Sorgo: Es un cereal. La característica más atractiva del sorgo, es su capacidad para sobrevivir durante la sequedad. El sorgo puede quedarse latente durante la sequedad y volver a crecer cuando las condiciones son más favorables. No crece muy bien en tiempos prolongados de humedad. Este grano se ha utilizado en África para hacer cerveza (Hulse, 1980). Mijo: Son semillas pequeñas, muchas han sido adaptadas a climas calientes. Hay distintos tipos de mijo: mijo finger, mijo foxtail, mijo común, mijo pequeño, mijo Kodo (Hulse, 1980).

-Mijo pearl: Es el más cultivado de todos los mijos. Se originó en la parte oeste tropical de África, donde ambas formas, salvaje y cultivada, existen. Tolera la sequedad (Hulse, 1980).

-Mijo finger: Es un alimento muy importante en África central e India. Su altura varía de 40cm a 1 mt.; el color de los órganos vegetativos varían de verde a morado. El color del grano es blanco. Se cree que se originó en Uganda. En

África se cultiva a una altitud de 1000-2000mts, con bastante lluvia. Necesita lluvia bien distribuida durante la época de cultivo y condiciones secas y calientes durante la cosecha (Hulse, 1980).

-Mijo Foxtail: Es una planta pequeña, la semillas son más pequeñas que las del mijo común. Es utilizado como grano comestible en China, al sureste de Europa y al norte de Africa. En Rusia es utilizado para fermentar cerveza. Puede crecer con poca lluvia, y al nivel del mar. Su altura es entre 1-1.5mt, el color del grano varía de blanco perla, a anaranjado, rojo, café o negro (Hulse, 1980).

Para la fabricación de cerveza africana, se prefiere la variedad del sorgo color café rojizo. El grano es germinado, secado, molido a harina y mezclado con agua y fermentado. En Kenya, retoño de mijo (sprouted millet) es utilizado con harina de sorgo para hacer cerveza y en Uganda, ceniza de leña es añadida al sorgo. Algunas cervezas son filtradas y otras simplemente tomadas por una larga pajilla (Hulse, J. 1980).

En varios países africanos, el sorgo es fermentado a cerveza. El proceso de hacer cerveza, puede depender de dos fermentaciones, involucrando 1) bacteria que produce ácido láctico, 2) levadura que produce alcohol. El proceso de malteado que genera los mono y disacáridos fermentables, depende de la alfa y beta amilasa y de la enzima que parte la maltosa, maltasa, que se genera en el sorgo durante la germinación. Se sugiere que el proceso de malteado, también contribuye con nutrientes que estimulan el crecimiento y el rango de fermentación por los microorganismos involucrados (Hulse, J. 1980).

La cerveza hecha de sorgo, se diferencia de la Europea como se ha resumido en la tabla 3.

TABLA #3: COMPARACION DE CERVEZA DE SORGO CON LA CERVEZA EUROPEA

CERVEZA	MATERIA PRIMA		TIPO DE FERMENTACION		
	MALTA	ADJUNTO	MOSTO	LACT.	ALC.
Africa	Sorgo	Maiz o Sorgo	No	Si	Si
Europa	Cebada	Cereal o sirope	Si	No	Si

(Hulse, 1980).

El proceso de fermentar cerveza se realiza por medio de una mezcla de malta de sorgo y agua, que primero es fermentado por *Lactobacillo termofilico*, después hervido con el grano que se adjunta, sorgo o maíz. Después, enfriado a 60C y sacificado con más malta de sorgo. La mezcla es filtrada para remover partículas grandes y fermentadas con una levadura de fermentación alta, *Saccharomyces cerevidiae*. La cerveza es amarga (ácido láctico), pH 3.3-3.5, opaca por los sólidos suspendidos y por la levadura, todavía fermentando, y poco alcohólica, 3-3.5% de alcohol por volumen (Hulse, J. 1980).

Se ha reportado que la mejor variedad de sorgo para la preparación de extracto de malta en India, es el amarillo Periyamanjal, que crece en Coimbatore, Bellary y distritos de Nandyal (Hulse, 1980).

Se ha reportado que es posible mejorar la digestibilidad de las taninas del sorgo, tratando el grano antes de procesarlo. El método se basa en la neutralización de polifenoles no deseados en el grano, tratándolos con una

cantidad predeterminada de un compuesto carbonílico no acidificado, preferiblemente formaldehído (Hulse, 1980).

Otra forma de fabricar cerveza es la del tipo elaborada, poco alcohólica, llamada cerveza ginger, que era tradicionalmente elaborada de una mezcla de bacterias de una planta llamada ginger beer. Una porción de esta planta, se pone en una taza de agua, y se le añaden pequeñas cantidades de azúcar y ginger todos los días, por 2 semanas. Una pequeña fermentación se efectúa. La bacteria, probablemente limita las vitaminas y el nitrógeno. Al final de las dos semanas, el líquido se decantaba, diluido con una solución de azúcar y agua, y embotellado. Después de un período de almacenamiento, resulta una bebida poco alcohólica (Steinkraus, 1983).

Otro tipo de cerveza es la Lambic, de Bélgica. Es un tipo de cerveza con poco lúpulo preparada con una mezcla de cebada germinada y trigo sin germinar. La microflora contiene tres levaduras (*Saccharomyces bruxellensis*, *Brettanomyces lambicus*, y *Brettanomyces brexellensis*) y *Lactobacillus viscosus brexellensis*, entre otros organismos. En la primera parte de la fermentación, el *Saccharomyces* produce alcohol. Después, la bacteria ácida láctica produce ácido y materiales viscosos. En la última parte, la *Brettanomyces* spp. produce más ácido y alcohol y el sabor especial de la cerveza. Bajo condiciones normales de fermentación, el proceso toma de 3 a 4 años, pero esto se puede reducir de 2 a 3 meses, inoculando cantidades correctas de varios microorganismos (Steinkraus, 1983).

Cerveza opaca de maíz de Zambia, es una bebida alcohólica de los granjeros y trabajadores de bajos ingresos. Es de color café, viscosa, poco amarga. Esta fabricada con maíz, sorgo, mijo blanco, mijo finger rojo o varias mezclas de estos cereales. Los granos se remojan por varios días, se escurren y se mantienen húmedos por 3 días, mientras germinan. Después, los vástagos se ponen al sol, para que se vuelvan secos y negros. La malta se pulveriza. El maíz es cocinado en un caldo viscoso, enfriado y combinado con la malta. Esto se mantiene por un día, en el cual el almidón es hidrolizado. La mezcla, después es hervida hasta que es gruesa y de color café. Es enfriada, y se añade más germinado. Al día siguiente, se añade más caldo y germinado, para diluir la mezcla. Para el sexto día ya esta lista, después de fermentar por 3 días (Steinkraus, 1983).

Otro tipo de cerveza es la cerveza india de arroz (Pachwai). El iniciador del pachwai es el bakhar. El bakhar contiene *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., y por lo menos una especie de levadura. Ginger y otros materiales de plantas, son secados, molidos y añadidos a harina de arroz. Se añade agua para hacer una pasta viscosa. Pequeños pasteles de 1.0 a 1.5 cm de diámetro se forman e inoculan. Los pasteles se envuelven en hojas, dejándolos fermentar por tres días, y después se dejan secando al sol. Pachwai es elaborado añadiendo bakhar en polvo a arroz hervido y dejando fermentar la mezcla por 24 horas. Toda la masa es transferida a jarras. Se añade agua, y la fermentación continúa. La cerveza genera un sabor característico y está lista para tomar en 1 o 2 días (Steinkraus, 1983).

Otro tipo es el Kaffir, que es una bebida alcohólica, efervescente, de color café rosado, con un sabor amargo como el del yogur. De apariencia opaca, debido a sus residuos de almidón no digerido, levadura y otros microorganismos. Kaffier es una cerveza sin lúpulo ni pasteurizada, y se consume cuando todavía está activa la fermentación. La cerveza Kaffir, también conocida como cerveza Bantú, es una bebida tradicional en las tribus de Bantú de Sur Africa (Steinkraus, 1983).

La cerveza Kaffir se produce en grandes tanques, en baches de 115-180 litros. Cada litro de cerveza necesita 180-360 gramos de grano. El germinado del sorgo es producido remojando el grano en agua por 1 a 2 días, escurrido y después dejando que las semillas germinen por unos días. El vástago, es secado al sol y se deja que se madure por varios meses. Después, la malta es pulverizada, hervida y enfriada, y se añaden pequeñas cantidades de malta fresca sin cocinar.

La mezcla se deja estar 1 día. En el segundo día, es hervida y se regresa a la olla de fermentación para la fermentación alcohólica. En el 3er y 4to día se añade más malta pulverizada sin cocinar, y en el 5to día se filtra. La cerveza ya está lista para tomar (Steinkraus, 1983).

En lugar de sorgo, se puede utilizar maíz, mijo del tipo Eleusine cocacana y Pennisetum typhoides. También se puede usar cazabe (harina gruesa de América, hecha con la raíz de la yuca) y plátano (Steinkraus, 1983).

Planta ginger beer (Steinkraus, 1983).

Cebada germinada y trigo sin germinar (Steinkraus, 1983).

Mezcla de sorgo, mijo rojo, mijo blanco y maíz (Steinkraus, 1983).

Arroz (Steinkraus, 1983).

Frutas y tubérculos

Cazabe (harina gruesa de América, hecha con la raíz de la yuca) (Steinkraus, 1983).

Plátano (Steinkraus, 1983).

Patatas

GRANO DE AMARANTO:

-Composición:

El amaranto es un grano antiguo de México, Centro y Sur América. En los tiempos pre-colombinos, fue una de las comidas básicas en el Nuevo Mundo. Después de la conquista de los españoles, el uso de amaranto se discontinuó y sólo sobrevivió en algunas partes de México y los Andes. Volvió a surgir en África, Asia y en América, como resultado de sus altos potenciales agronómicos y alimenticios. El amaranto es una planta de hojas anchas, que crece vigorosamente, y en algún grado es resistente a la sequía, calor y pestes (Paredes-López, 1988).

Se han hecho varios estudios en la aislación y valores biológicos de las proteínas de amaranto, en los factores antinutricionales presentes en el grano y en las propiedades reológicas y funcionales en la harina de la semilla (Paredes-López, 1988).

-Grano Germinado:

La finalidad de la germinación, es el desarrollo de un contenido de enzimas activas, que transformarán los almidones de la cebada germinada y los de otros cereales en azúcares que la levadura podrá fermentar fácilmente, durante la etapa subsecuente (Desrosier, 1989).

La práctica de germinar granos, ha sido utilizada para mejorar su valor nutricional. La germinación del grano, tiene efectos importantes en la composición química, el valor nutritivo, y las características de aceptabilidad de los productos (Colmenares, 1990).

Durante la germinación, se llevan a cabo rompimientos de las reservas de carbohidratos y algunas veces proteínas de los granos. También produce aumento de algunas vitaminas (Colmenares, 1990).

El grano de amaranto es un buen recurso de proteína de alta calidad (Colmenares, 1990).

A continuación, se describirán varios métodos que se han utilizados para la germinación del amaranto:

Primer método:

Las semillas son lavadas y dejadas en remojo, en una solución desinfectante (alcohol etílico al 70% y CaCl_2) por 5 min. Después se lavan completamente y se dejan en remojo en agua destilada, por 5 horas a temperatura ambiente. Las semillas se ponen sobre una esponja estéril, cubierta de una toalla de papel estéril para mantener la humedad constante. Se germinaron a 32C (Colmenares, 1990).

La germinación, se llevó a cabo por 0, 24, 48 y 72 horas. Después de la germinación, los granos se pusieron a secar en un horno de aire a 40C por 18 horas (Colmenares, 1990).

De este tipo de germinación, se obtuvo que los granos germinaron en un 75-85% después de 48 horas.

Otra forma de germinarlo es la siguiente:

Se esterilizaron las semillas, dejándolas en remojo en agua destilada conteniendo 0.1% de hipoclorito de sodio a temperatura ambiente, por dos horas. Después de enjuagarla bien con agua destilada por diez minutos, las semillas se extendieron en pedazos de tela húmeda que se pusieron en bandejas plásticas. Las bandejas se germinaron a 37C y a 90% de humedad relativa. Las muestras se secaron en horno con aire forzado a 40C por 12 horas y se molieron. Después de 12 horas, el 95% de las semillas habían germinado (Paredes- López, 1988).

Se ha preparado en Africa, germinado de mijo. El grano se dejó en remojo por 24 horas. Se germinó por 72 horas a 22- 28C, después se secó a 45-50C en corriente de aire. La parte vegetativa fue removida y el grano germinado se hizo polvo (Hulse, 1980).

Aspectos Antinutricionales del Amaranto:

El amaranto, se ha consumido como cereal, vegetal y forrajes, pero hay reportes conflictivos ante la presencia de factores antinutricionales o tóxicos que limitan su aplicación como comida. Por ejemplo, Singhal y Kulkarni sintieron que estos factores no presentarían ningún problema significativo, pero Pond et al. reportaron un factor no identificado en *A. cruentus* que influyó en el crecimiento

de ratas. Afolabi et al. atribuyeron pérdida de peso en ratas, a un alto contenido de taninos (0.25%) en *A. caudatus* (Paredes-López, 1994).

Los factores antinutricionales o tóxicos propuestos en el grano, vegetal y amaranto silvestre incluye: saponinos y fenólicos (principalmente taninos y ácido clorogénico), ácido fítico, inhibidores de proteasas, oxalatos, nitratos, polifenoles, lectinas, alcaloides, aflatoxinas, acumulaciones de aluminio y ácidos grasos antinutricionales y esteroides (Paredes-López, 1994).

Saunders y Becker notaron que factores como oxalatos y nitratos generalmente están asociados con aplicaciones de forraje y vegetales. Problemas potenciales por taninos, lecitinas, fitatos e inhibidores de proteasas, así como nitratos, saponinos, oxalatos y fenólicos, en amaranto, se han estudiado (Paredes-López, 1994).

Procesos térmicos en la forma de autoclave, extrusión, calentamiento húmedo, cocimiento atmosférico, tostado, popping y flaking, y secado de tambor, aparentemente son los mejores métodos para reducir el efecto de antinutrientes solubles en agua en el amaranto. Pond et al. reportaron que un proceso de calentamiento apropiado, puede ser importante para maximizar el valor nutritivo del amaranto (Paredes- López, 1994).

Almidón de Amaranto:

El almidón es el mayor componente en el grano de amaranto. Constituye aproximadamente 50-60% del total en masa seca. Los granos de almidón del amaranto son pequeños, de 1- 3 micrómetros en diámetro (Paredes-López, 1994).

Posibles usos del almidón de amaranto, pueden incluir espesor de alimentos, aerosoles no alérgicos, almidón para lavandería, y probablemente, plástico biodegradable. Tomita et al. reportaron que la propiedad única del almidón del *A. caudatus* es su propiedad pastosa y su alta susceptibilidad a la amilasa. Pueden indicar usos potenciales como comida y combustible. Yanez et al. sugirieron su uso en gravies, salsas y sopas, por su relativamente baja temperatura de gelificación y por su estabilidad al frío. Stone y Lorenz concluyeron que el almidón de amaranto no se comportaba bien en panes y pasteles, desde el punto de vista de color, apariencia, textura y volumen, talves por su bajo contenido en amilasa (Paredes-López, 1994).

Proteína de Amaranto:

Es el segundo compuesto más abundante del grano de amaranto (Paredes-López, 1994).

La proteína, se utiliza como ingrediente funcional en comidas formuladas. Importantes atributos funcionales, incluyen la absorción y enlazamiento de agua y grasa, viscosidad, gelificación, emulsificación y formación de espumas, entre otros. Correa et al. extrajeron la proteína, de cinco diferentes especies de amaranto y la fraccionaron. Esta consiste en promedio, de albúmina (65%), globulina (17%), prolamina (11%), y glutelina (7%) (Paredes-López, 1994).

Aceite de Amaranto:

Las semillas de amaranto son probablemente muy bajas en contenido de aceite (7-8%) y muy alto su precio para competir con otros aceites comerciales.

El aceite de amaranto no es particularmente único. Es similar en composición, al de maíz y al de algodón (Paredes-López, 1994).

Se ha reportado que el aceite de amaranto contiene más cantidades (7-8%) de escualeno que de otro aceite vegetal común. Para propósitos comparativos, contenidos de escualeno en aceite de oliva, germen de trigo y aceites de arroz, están en el rango de 0.1% a 0.7% (Paredes-López, 1994).

Escualeno es un ingrediente importante para cosméticos de la piel. Este es caro (\$53,000 por tonelada) derivado de isopreno. Es sintetizado industrialmente y obtenido del hígado de tiburón. Sin embargo, se puede extraer fácilmente del grano de amaranto por simple destilación al vacío.

Fibra de Amaranto:

El amaranto, contiene niveles altos de fibra no fermentable, lo que sugiere que el grano puede reducir los niveles de colesterol y de LDL, sin aumentar los riesgos de cáncer en el colon (Paredes-López, 1994).

Productos Medicinales:

Se ha encontrado que las semillas de amaranto, son relativamente altas en tocoferoles (vitamina E) y tocotrienoles. Los tocotrienoles han demostrado una actividad anti-tumores, por poseer actividad in vitro antioxidativa, y de suprimir la síntesis de colesterol (Paredes-López, 1994).

COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES NUTRITIVAS DEL AMARANTO:

Composición química del grano de Amaranto:

La composición química aproximada del grano de varias especies de amaranto, se encuentra en la tabla #4. El contenido promedio de proteína cruda entre las especies, varía entre 14.9 y 19.3% (N*6.25). Los datos en la tabla sugieren que *A. caudatus* es más bajo en contenido de proteína, comparado con *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*. La variabilidad entre especies, se puede dar por efectos genéticos (Paredes-López, 1994).

El contenido de grasa, es otro componente químico de mucho interés en el grano de amaranto, ya que su contenido relativamente alto, hace a la semilla alta en contenido calórico, comparada con otros granos de cereal. La variabilidad es relativamente alta, con valores promedios aparentemente mayores para *A. caudatus* que para *A. cruentus*, y ambos mayores que el *A. hypochondriacus*. Como en la proteína, se cree que hay influencia genética. La variabilidad para 25 selecciones de *A. caudatus* fue de 7.2 a 13.1%. El contenido de ácidos grasos en el aceite de la semilla de amaranto, es relativamente constante entre las especies (Paredes-López, 1994).

El contenido de cenizas entre las especies de 2.6 a 4.4%, y la variabilidad entre las especies, es relativamente poca. La tabla #5, resume la concentración de varios elementos minerales en el amaranto. El contenido de minerales es relativamente constante, posiblemente porque todos crecieron en la misma localidad y durante los mismos años. Los niveles de P, Ca, K, Mg y Fe son en general más altos que los niveles encontrados en los granos de cereales comunes (Paredes-López, 1994).

Hay poca información acerca del contenido de fibra dietética en el grano de amaranto. Valores de las tres especies de granos más importantes, se muestran en la tabla #6 de estudios por Pedersen et al. y Bressani et al. Los valores son similares entre especies (Paredes-López, 1994).

El almidón, es el compuesto químico más abundante en el grano de amaranto. La tabla #7 muestra algunos resultados que varían de 48-69%. El almidón, está presente principalmente como amilopectina, y valores entre 4.8y 7.2% de amilosa se han reportado. Otros carbohidratos incluyendo sucrosa, rafinosa, estaquiosa y maltosa, están contenidos en pocas cantidades (Paredes-López, 1994).

Varios autores, han publicado información sobre entidades químicas que se conoce que tienen efectos antifisiológicos en los animales. Un resumen de los valores para taninos, ácido fítico, nitratos, oxalatos e inhibidores de tripsina, están presentados en la tabla #8. Los rangos mostrados, corresponden a diferentes especies y cruces entre especies (Paredes-López, 1994).

Los resultados del contenido de aminoácidos en las distintas especies de la semilla de amaranto, están resumidas en la tabla #9. Observación de la información, indica que el contenido de aminoácidos es muy similar entre especies (Paredes-López, 1994).

Efectos de procesamiento:

Hay varios atractivos en la semilla de amaranto que ha llamado la atención a científicos en el área de comidas y nutrición por el mundo. Entre estos, el contenido relativamente alto de proteína en el amaranto es de particular interés,

al igual que el patrón de los aminoácidos esenciales que contiene la proteína. La semilla de amaranto, contiene concentraciones relativamente altas de lisina, aminoácidos azufrados y triptofano, aminoácidos generalmente deficientes en granos de cereales. También el grano de amaranto ofrece contenido relativamente elevado de aceite (Paredes-López, 1994).

La semilla de amaranto, se ha procesado por muchas formas, que se pueden clasificar en cinco grupos, que son: cocimiento húmedo, cocimiento seco, transformación biológica, por medios físicos y por técnicas químicas (Paredes-López, 1994).

1. Cocimiento húmedo:

a. Presión atmosférica: Este es un proceso utilizado a nivel de hogares. Se estudió el *A. caudatus*. El cocimiento aumentó la calidad de la proteína de la semilla por 10 minutos con una tendencia a disminuir, cuando el tiempo de cocimiento aumentaba. La disponibilidad de la lisina, estuvo constante. A los 60 minutos, el almidón está totalmente gelificado. Inhibidores de tripsina, lecitina y taninos no estaban presentes después de 30 minutos de cocimiento (Paredes-López, 1994).

b. Cocimiento a presión: No se han hecho muchos estudios en cocimiento a presión. Bressani reportó los efectos en las propiedades y calidad de la proteína. En un caso, se cocinó a 15 psi, con el grano en agua, y un segundo caso, sin agua. Los valores obtenidos, sugieren una disminución en la calidad de la proteína, después de 20 minutos. En ambos casos el índice de absorción de agua aumentó (Paredes-López, 1994).

c. Secado por tambor: Para todas las selecciones de amaranto, hubo un aumento en el peso del grano y en la calidad de la proteína (Paredes-López, 1994).

2. Procesamiento Biológico:

a. Germinación: Se llevó a cabo germinación por 72 horas y se halló un aumento de proteína cruda, proteína verdadera y fibra cruda. Este estudio, llevó a observar que la germinación, puede contribuir a aumentar los usos del amaranto. Colmenares de Ruiz y Bressani encontraron que en base seca, la proteína cruda, fibra cruda y el contenido de cenizas no cambió, pero los contenidos de lípidos y ácido fólico disminuyeron conforme al tiempo de germinado. Azúcares reductores, azúcares totales y almidones aumentaron, pero rafinosa y estaquiosa no se detectaron después de 48 horas. Tiamina, riboflavina, ácido ascórbico y niacina aumentaron, mientras que biotina y ácido fólico, lo hicieron pero en pequeñas cantidades (Paredes-López, 1994).

TABLA #4: COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA DE AMARANTO

NUTRIENTE	1	2	3	4	5	6	7
Humedad	9.7	10.4	10.7	11.6	10.6	10.6	-----
Proteina ¹	17	15.6	14.9	16.5	15.6	19.3	16.2
Grasa ¹	8.1	7.8	9.1	6.9	7.5	8.6	5.8
Ceniza ¹	3.5	3.5	2.9	4.4	4	2.6	3.6
Fibra Cruda ¹	3.4	3.1	2.8	5.8	7.4	-----	2.7
Carbohidrato ¹	67.9	70	70.3	66.4	65.5	-----	71.7

¹ base humedad libre

Nota: (1) A. cruentus, (2) A. hypochondriacus, (3) A. caudatus, (4) A. eludáis, (5) A. hybridus, (6) A. retroflexus, (7) A. mantegazzianus

(Paredes-López, 1994).

TABLA #5: CONTENIDO MINERAL EN LA SEMILLA DE DIFERENTES ESPECIES DE AMARANTO (MG/GR.)¹

MINERAL	AMARANTO			
	CAUDATUS	HYBRIDUS	CRUENTUS	HYPOCHONGRIACUS
FOSFORO	570	565	556	600
POTASIO	532	532	525	563
CALCIO	217	303	242	244
MAGNESIO	319	344	344	342
SODIO	22	26	25	23
HIERRO	21	104	26	53
COBRE	0.86	4.1	1.69	2.4
Manganeso	2.9	5.2	3.4	3.5
ZINC	3.4	3.4	4.2	3.8
NO. DE MTA.	3	1	3	7

¹ base peso seco. Todos cultivados en la misma localidad

(Paredes-López, 1994).

TABLA #6: CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA EN SEMILLAS DE AMARANTO

ESPECIE	FIBRA DIETETICA		TOTAL
	INSOLUBLE	SOLUBLE	
A. caudatus	4.6-13.5	2.5-3.6	7.6-16.4
A. cruentus	5.5	1.5	7.1
A. hypochondriacus	7	6.5	13.5

(Paredes-López, 1994).

TABLA #7: CONTENIDO DE ALMIDON EN EL GRANO DE AMARANTO

ESPECIE	ALMIDON	AMILOSA
Semilla color claro		
A. hypochondriacus	69.3	-----
A. cruentus	62	7.2
A. leucosperma	48	4.8-6.4
A. hypochondriacus	62.8	-----
Azúcares		
Sucrosa	1.08-2.26%	-----
Rafinosa	0.45-1.23	-----
Estaquiosa	0.02-0.15	-----
Maltosa	0.02-0.36	----

(Paredes-López, 1994).

TABLA #8: CONTENIDO DE VARIOS COMPUESTOS CON ACTIVIDAD ANTIFISIOLÓGICA:

COMPUESTO	SEMILLA CLARA	SEMILLA OSCURA
Taninos, %	0.08-0.65	0.104-0.116
Ac. Fítico, %	0.34-0.61	0.52-0.61
nitratos, mg	29-61.6	-----
Ac. Oxálico, mg	0-15.6	-----
UTI/mg	3.07-5.46	-----

(Paredes-López, 1994).

TABLA #9: CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN VARIAS ESPECIES DE SEMILLA DE AMARANTO (MG/gN)¹

AMINOÁCIDO	1	2	3	4	5	6	7	8
ISOLEUCINA	226	241	223	216	250	244	244	225
LEUCINA	352	374	343	347	375	375	394	331
LISINA	421	363	371	328	356	381	387	313
METIONINA	120	122	147	126	106	112	112	112
CISTINA	127	138	121	124	119	132	132	-----
FENILALANINA	249	248	236	250	293	287	300	225
TIROSINA	214	186	217	207	269	269	264	213
TREONINA	236	246	225	212	275	269	209	219
TRIPTOFANO	72	65	84	56	75	75	88	-----
VALINA	263	275	266	253	287	281	207	269
ALANINA	227	320	227	212	237	237	244	213
ARGININA	416	461	560	541	506	531	587	463
AC. ASPARTICO	499	522	488	500	506	506	537	518
AC. GLUTAMICO	982	993	1005	869	1056	1018	1037	962
GLICINA	480	565	445	416	537	550	462	544
HISTIDINA	159	161	157	149	175	200	187	137
PROLINA	244	334	252	225	281	275	281	225
SERINA	420	459	393	263	544	537	444	444

¹ promedio de dos o más muestras de la misma especie.

Nota: (1) *A. cruentus*, (2) *A. hypochondriacus*, (3) *A. caudatus*, (4) *A. edulis*, (5) *A. anclancalius*, (6) *A. gangeticus*. (7) *A. mantegazzianus*, (8) *A. hybridus*

(Paredes-López, 1994).

III. OBJETIVOS E HIPOTESIS

-Objetivo General:

Ampliar el uso industrial del grano de amaranto.

-Objetivos Específicos:

1. Evaluar el uso del grano entero de amaranto y el grano de amaranto sin germinar, como aditivo en la producción experimental de cerveza.
2. Evaluar el grano procesado de amaranto como aditivo en la producción experimental de cerveza.

HIPÓTESIS:

El grano de amaranto puede ser utilizado en la fabricación de cerveza como aditivo.

IV. JUSTIFICACIÓN

El amaranto es un recurso vegetal cuyo lugar de origen es Mesoamérica, de donde se ha distribuido a través del mundo. Este recurso, ofrece sus hojas como un alimento hortícola, comparable en valor nutritivo, a productos similares como la acelga y espinaca. La planta entera se está utilizando como forraje de alta calidad ya sea fresco, ensilado o deshidratado. Así mismo, ofrece su grano alto en contenido de proteína de alta calidad nutritiva, que está encontrando varias aplicaciones en alimentación y nutrición, ya sea solo o en combinación con cereales y otros productos.

El grano, sin embargo, puede ofrecer otras aplicaciones que han sido poco o nada evaluadas, a pesar de que en la literatura, se menciona su uso en productos fermentados. Una de estas posibles aplicaciones, es el uso del grano de amaranto en la producción de cerveza. El grano de amaranto, contiene entre 0.5-7% de almidón, que sugiere que puede ser útil como un agregado en la cebada malteada como fuente de carbohidratos fermentables como lo hacen cereales como el trigo, arroz, sorgo o maíz. Si esto fuera factible y de alta eficiencia, se ampliaría el uso del amaranto.

El amaranto produce granos/semillas de color claro u oscuras. Estos últimos, que se producen en gran abundancia por el color tienen pocas aplicaciones en alimentos. Pero su potencial de producción, se utilizaría en la fermentación de alimentos como la cerveza. El amaranto de grano oscuro, contiene taninos los cuales, como es el caso del sorgo, podrían ofrecer colores especiales al producto, que podrían ser aceptados por el consumidor.

Se considera que por las razones indicadas, es de interés práctico estudiar la factibilidad del uso del grano blanco y oscuro del amaranto, como agregado en la producción de cerveza, una bebida que goza de alta aceptabilidad.

V. DISEÑO EXPERIMENTAL

Experimento #1:

Se utilizará arroz como control y grano claro de amaranto perlado.

Experimento #2:

Se utilizará arroz como control, grano oscuro expandido y grano claro expandido.

Experimento #3:

Se utilizará arroz como control, grano oscuro nixtamalizado, grano blanco nixtamalizado.

Experimento #4:

Se utilizará arroz como control, grano oscuro germinado y grano blanco germinado.

VI. PROCEDIMIENTO

Control de Arroz:

1. Cocinar 50gr. de arroz molido en 800 ml de agua por 30-40 minutos.
2. Reducir temperatura a 54C.
3. Agregar 150gr de cebada malteada y 1gr de sulfato de calcio. Mezclar bien a 54C y mantenerlo por 30 minutos, con agitación lenta.
4. Luego agregar 185 ml de agua a 93C y agitar lentamente por 20-25 minutos manteniendo la temperatura a 66C.
5. Aumentar la temperatura a 70C y agitar de nuevo por otros 20-25 minutos.
6. Separar los materiales (granos) del líquido, a una temperatura de 77C usando 185ml de agua a 77C.
7. Luego de filtrar, agregar otros 125ml de agua y hervir el filtrado. Al llegar a ebullición, agregar 4gr de hops y hervir por una hora lentamente.
8. Separar el hop y enfriar rápida y asépticamente.
9. Agregar levadura (1gr) y fermentar por 10 días.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales:

Los materiales a utilizar en el presente estudio son los siguientes:

1. Cebada
2. Amaranto grano oscuro
3. Amaranto grano claro
4. Arroz
5. Lúpulo
6. Levadura de cerveza

Métodos:

1. Amaranto grano oscuro

Con este grano se utilizarán 3 productos: a) grano oscuro reventado; b) grano oscuro nixtamalizado y c) grano oscuro germinado.

a. Grano reventado. Este se obtendrá expandiendo el grano en aire caliente utilizando un Corn Popper.

b. Grano nixtamalizado. Una porción del grano, será mezclado con 0.6% de cal y suficiente agua. Se pondrá a hervir por 20 minutos y luego de enfriar el grano cocido, se lava con agua y se someterá a deshidratación y molienda.

c. Grano germinado. Otra porción del grano se dejara en remojo por 24 hrs. Luego se pondrá a germinar por 72 horas. Al cabo de la germinación se someterá a deshidratación y luego a molienda.

2. Grano Claro de Amaranto:

Este material, servirá para usarlo como a) grano reventado; b) grano nixtamalizado; c) grano germinado y d) grano perlado. Los procedimientos para a, b y c son iguales a los usados para el grano oscuro. El grano pulido se obtendrá de un grano entero formado por un pulidor para remover el germen. Se utilizará el perispermo, el cual se somete a cocción, como se hace con el arroz.

MÉTODOS PARA EVALUAR LA CERVEZA:

Las muestras de cerveza experimental se analizarán por los siguientes parámetros:

1. Gravedad Específica: Por el método de la AOAC # 10.016.
 2. Porcentaje de Alcohol: con Picnómetro, por el método de la AOAC# 10.140i.
 3. Viscosidad: AOAC# 10.017 utilizando un Oswald o Cannon-Fenske.
- Color: AOAC #10.006.
Ph: AOAC# 10.041.
Acidez Total: AOAC #10.030.
Proteína: AOAC #10.051.
Almidón: AOAC #10.050.
Espuma: AOAC #10.057.
Sólidos (% de agua).

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

BASES DE LA INVESTIGACIÓN:

La cerveza, un líquido ligeramente alcohólico ha constituido una bebida muy popular, que casi todo el mundo consume. La producción de cerveza, es un proceso de conversión de almidones en azúcares, que son transformados en alcohol, anhídrido carbónico y sabores, por medio de la fermentación lograda por la levadura, *S. cereviceae*. El proceso, que se inició al nivel del hogar para luego pasar a empresas pequeñas y más adelante a grandes industrias. La cerveza puede ser fabricada utilizando únicamente cebada malteada, o utilizando un porcentaje de cebada malteada y un porcentaje de un grano adjunto, que generalmente es un cereal. Los cereales más utilizados, son el arroz, maíz y trigo. Cada uno de estos cereales ofrece características diferentes a la cerveza, al igual que proporcionan una cantidad variable de almidones de distinta naturaleza. Los porcentajes utilizados de cereales adjuntos varían desde un 20% hasta un 35%, el resto es de cebada malteada. Se ha indicado que el uso de cereales adjuntos produce una cerveza más clara, más estable y produce menos saciedad que la de sólo cebada. En este caso, se utilizó el grano de amaranto. Existen dos tipos de amaranto: grano de amaranto claro y grano de amaranto oscuro. De acuerdo a la literatura (Bressani, 1994) el grano de amaranto contiene en promedio 10.6% de humedad, 15.4% de proteína, 7.4% de grasa, 3.7% de ceniza, 4.5% de fibra cruda y 68.0% de carbohidratos. El fin de este experimento, era encontrarle utilidad al amaranto oscuro, ya que por su color, tiene menos

aplicación como harina en la industria de alimentos, siendo su composición química, similar a la del grano de color claro.

La cebada malteada, se utiliza en la fabricación de cerveza, como fuente de enzimas, para la degradación de los almidones en azúcares. En este caso, parte de los almidones, provenían del amaranto, el cual contiene gránulos pequeños de almidón, que miden entre 0.8-2.5 mm., pero se comprobó de acuerdo a los resultados de este estudio, que la cebada malteada sí fue capaz de hidrolizar los almidones del amaranto en azúcares. Esto es de interés, ya que se ha informado que los almidones en gránulos pequeños, tienen mayor capacidad de hincharse, son de menor solubilidad, tienen mayor capacidad de ligar el agua y son menos susceptibles a la hidrólisis por la alfa-amilasa.

Los granos de amaranto, fueron procesados antes de ser cocidos con la cebada malteada, para facilitar la gelatinización de los almidones. El amaranto tiene granos muy pequeños de almidón, los cuales, si no existe un pre-proceso, sería tal vez más difícil su gelatinización solamente cocidos en agua y más ineficiente su hidrólisis por la alfa-amilasa. Los procesos utilizados, fueron: expandido, germinado, nixtamalizado y perlado.

El proceso de expandido lo que hace es inducir una gelatinización previa, pero en base seca, lo contrario del proceso de nixtamalizado, el cual también induce a una gelatinización previa, pero en húmedo con el agregado de calcio. El proceso de germinado, hidroliza los almidones. Por último, en el perlado lo que induce es que se elimina la fracción más rica en proteínas y grasa, que es el germen, por lo que aumenta el contenido de carbohidratos.

El proceso de preparación de la cerveza, se dividió en cuatro experimentos. En el primero, se utilizó amaranto expandido, en el segundo germinado, en el tercero nixtamalizado. En estos tres experimentos, se utilizó amaranto de grano claro, de grano oscuro y arroz como control. En el cuarto experimento, se utilizó amaranto perlado, sin tratamiento previo.

El procedimiento de la preparación de cerveza (Prescott, 1949; Miller, 1994; Papazian, 1991) fue el siguiente: primero se cocinaron las muestras de grano procesado de amaranto y el arroz, que fue utilizado como control en todas las repeticiones y experimentos, en agua hirviendo. Esto se hace para que el almidón se gelatinice. Después de varias pruebas iniciales, se pudo ver que el tiempo ideal para la gelatinización del almidón era de treinta minutos, utilizando 25gr de amaranto con 180 ml de agua.

Seguidamente, después de la gelatinización, se procedió a la adición de la cebada malteada y sulfato de calcio. El sulfato de calcio fue utilizado como preservante. La adición de la cebada malteada, debe ser a una temperatura de aproximadamente 54C, ya que lo que se tiene en la cebada malteada, son enzimas que van a degradar al almidón, por lo que la temperatura no puede ser muy alta, de lo contrario se pueden inactivar. Esta temperatura, se fue elevando poco a poco, en 1 hora, hasta llegar a 70C. Este rango de temperatura, es el aconsejable para hidrolizar los almidones gelatinizados, de lo contrario o se inactivan las enzimas por exceso de calor, o no se activan porque no tienen las condiciones necesarias para su acción hidrolizante.

Después de esto, ya se tiene en el medio líquido los azúcares que van a ser fermentados posteriormente, por lo que es necesaria la separación de la cebada malteada y los residuos de los cereales utilizados del medio líquido. Esto se hizo por medio de filtración.

A lo anterior, se le agregó un poco más de agua, para aumentar el volumen a un litro, y diluir un poco los azúcares. Luego el filtrado se puso a hervir y se le agregó el lúpulo. El lúpulo es el ingrediente que le da el sabor amargo a la cerveza. Esto se debe hacer cuando la solución esté hirviendo para que salgan los componentes de sabor que posee. La intensidad del sabor depende, no sólo del tipo de lúpulo utilizado, sino también, el tiempo que se deja hervir al lúpulo dentro de la solución. Después de varias pruebas, se pudo determinar que el tiempo ideal, en esta cerveza, era de 10 minutos. De lo contrario, se evaporaba demasiado la solución y la cerveza quedaba con un sabor amargo muy intenso. Después de esto, el lúpulo debe ser eliminado por completo. De lo contrario, si quedan restos, esto puede seguir influyendo, aunque lentamente, en el sabor amargo de la cerveza. Esta separación se hizo, primero por filtración y después por centrifugación, para así eliminar completamente todo.

Hasta este momento ya se tiene todo lo necesario para la preparación de la cerveza, lo único que queda es ponerla a fermentar. Esto se obtiene a través de la adición de la levadura, para lo cual es necesario que la solución de azúcares esté estéril y evitar que las bacterias influyan posteriormente en el sabor de la cerveza. Después de la esterilización, se agrega la levadura. Esta se dejó fermentar por tres días. El tiempo se estableció después de varias pruebas, ya

que por más días, la cerveza obtenía un sabor muy intenso a levadura, y en muy pocos días, no se concluía de fermentar el azúcar y obtenía un producto con un sabor relativamente dulce.

Para eliminar la levadura se utilizó primero, una filtración y posteriormente una centrifugación, para así poder eliminar completamente toda la levadura presente y que no causara ningún mal sabor o prosiguiera la fermentación.

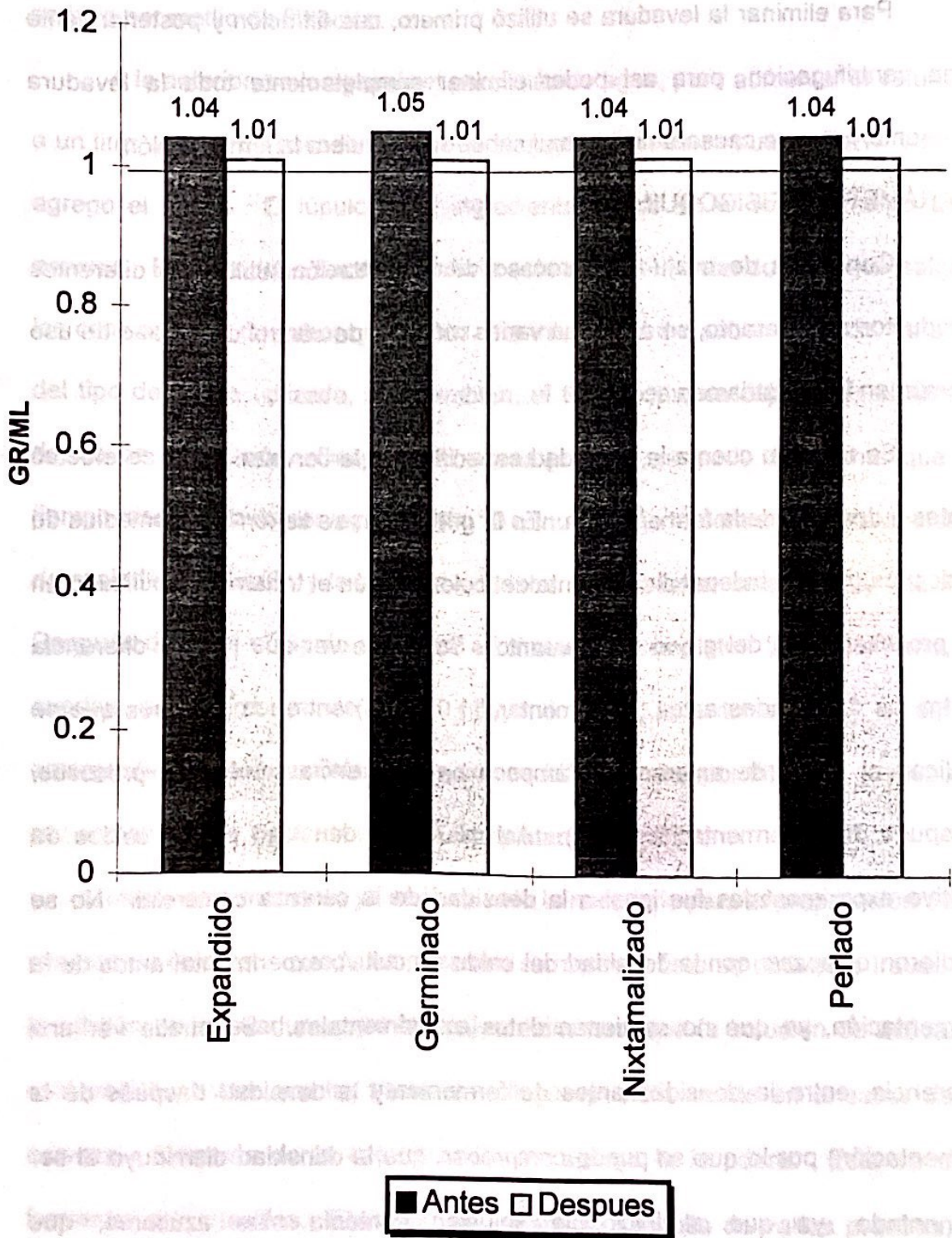
PARÁMETROS FISICOQUIMICOS:

Con el fin de evaluar el proceso de fermentación, utilizando diferentes productos de amaranto, se aplicaron varias medidas de control de calidad de uso común en la industria cervecera.

Se tomó en cuenta la gravedad específica de la cerveza. Esto se efectuó antes y después de la fermentación. En la gráfica #1, se tienen los promedios de todos los granos, independientemente del color, según el tratamiento utilizado en el procesamiento del grano de amaranto. Se puede ver que no hay diferencia entre las densidades antes de fermentar, (1.04-1.05) entre los procesos que se aplican al grano de amaranto. Tampoco hay diferencias, entre los procesos, después de la fermentación (1.01). Así mismo, la densidad de los caldos de cultivo experimentales fue igual a la densidad de la cerveza comercial. No se pudieron comparar con la densidad del caldo de cultivo experimental antes de la fermentación, ya que no se tienen datos experimentales. Se puede ver una diferencia, entre la densidad antes de fermentar y la densidad después de la fermentación, por lo que se puede comprobar, que la densidad disminuye al ser fermentada, ya que al inicio, la solución contenía más azúcares, que

GRAFICA #1

DENSIDAD ANTES Y DESPUES DE LA FERMENTACION DE LA CERVEZA SEGUN TRATAMIENTO

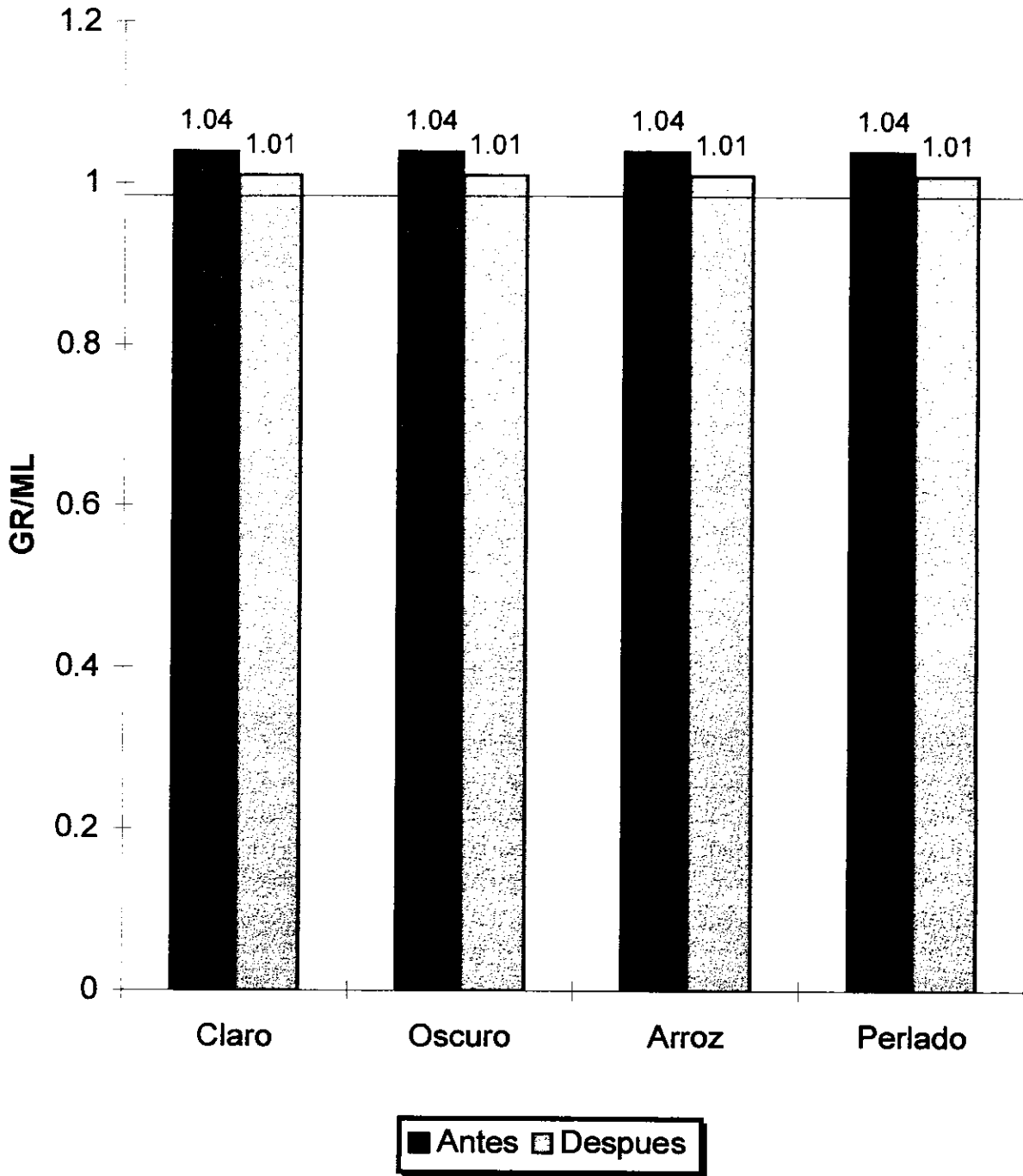


La línea representa la densidad de la Cerveza Comercial (0.9938)

posteriormente fueron convertidos a alcohol. En la gráfica #2 se tienen los resultados de densidad, según el color de grano de amaranto utilizado, independientemente del tipo de tratamiento que se utilizó. Esta gráfica muestra que, según el color de grano, tampoco hay diferencias en las densidades antes y después de fermentar (1.04gr/ml y 1.01 gr./ml, respectivamente) y son iguales a las observadas con arroz. La gráfica #3 muestra la comparación entre el del color de grano y su respectivo tratamiento y el arroz que sirvió de referencia. Según el análisis estadístico llevado a cabo, no hay diferencias entre los tratamientos y color de grano entre ellos y comparados con el arroz. Al final, todos presentan la misma densidad (1.01 gr./ml). Según los datos obtenidos, se puede decir que el color de grano y tratamiento del mismo, no influyen en la densidad de la cerveza, antes ni después de ser fermentada y los valores son comparables a los del arroz.

Otro parámetro tomado en cuenta, fue la viscosidad de la cerveza, que fue medida antes y después de la fermentación. La viscosidad antes de la fermentación, es una medida de concentración de azúcares derivados de la hidrólisis enzimática. Así mismo, la conversión de esos azúcares por fermentación, tiene como resultado un cambio en viscosidad. En la gráfica #4 se puede ver que no hay diferencias significativas entre todos los tipos de tratamientos llevados a cabo, independientemente del color del grano, pero sí hay diferencias entre las viscosidades antes de la fermentación y después. Esto se debe, como se dijo con anterioridad, a que la solución antes de fermentar, posee más azúcares en suspensión, por lo que aumenta la viscosidad de la solución. Podemos ver que la viscosidad disminuye, en todos los casos, después

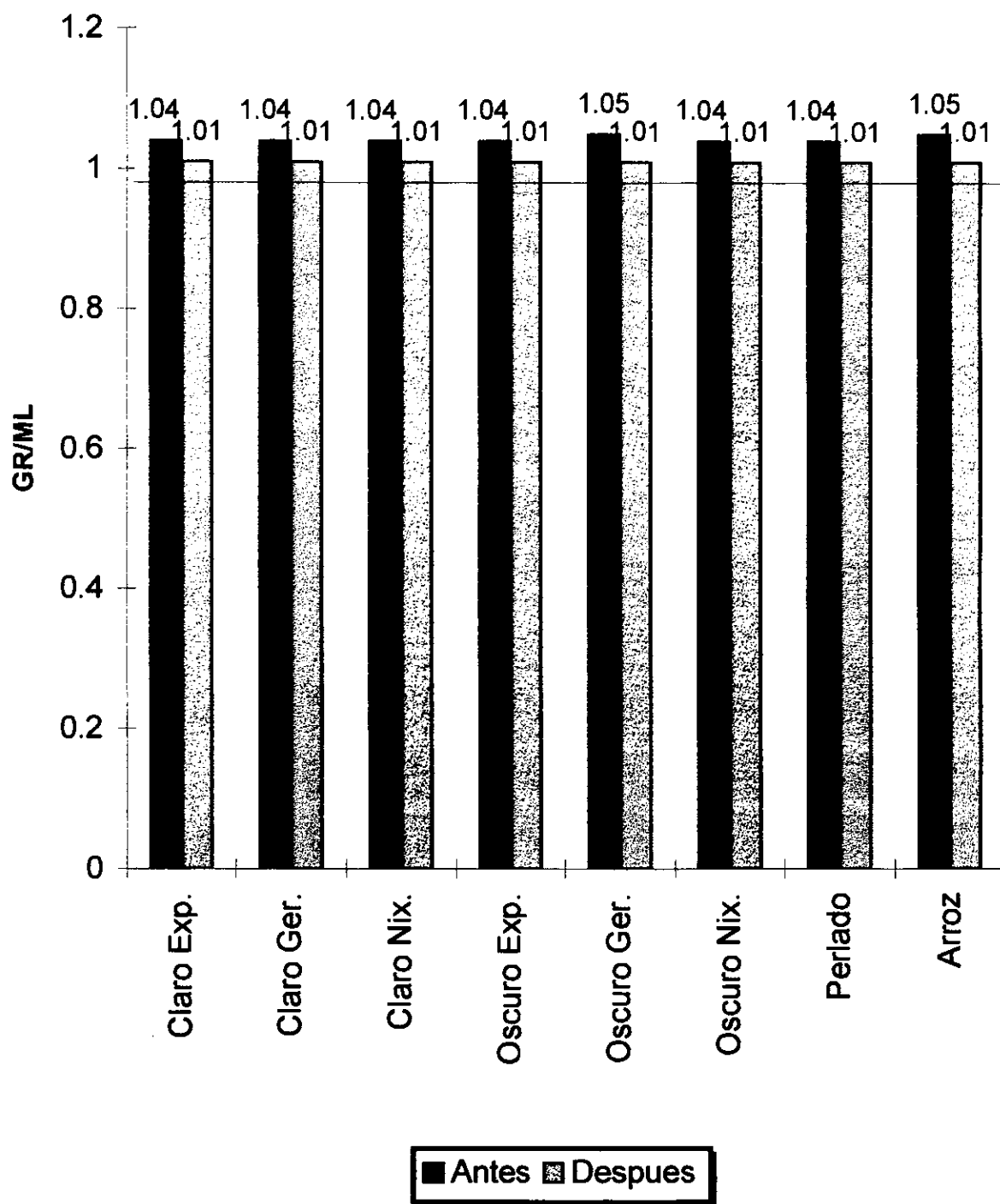
**DENSIDAD ANTES Y DESPUES DE LA
FERMENTACION
DE LA CERVEZA SEGUN TIPO DE GRANO
EMPLEADO**



La línea representa la densidad de la Cerveza Comercial (0.9938)

GRAFICA #3

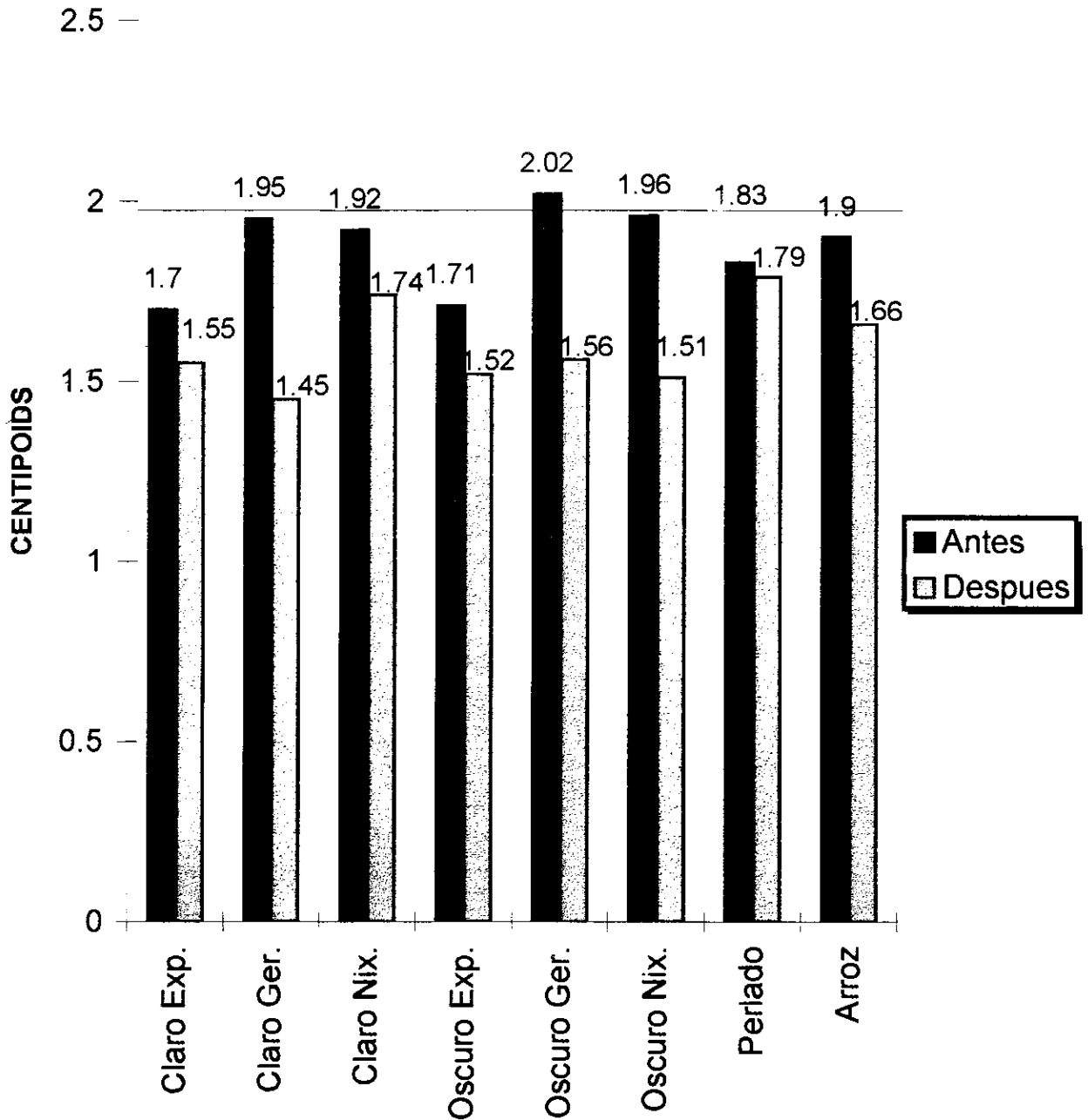
DENSIDAD ANTES Y DESPUES DE LA FERMENTACION DE LA CERVEZA SEGUN COMBINACION GRANO Y TRATAMIENTO



La línea representa la densidad de la Cerveza Comercial (0.9938)

GRAFICA #4

VISCOSIDAD ANTES Y DESPUES DE LA
FERMENTACION DE LA CERVEZA SEGUN
COMBINACION GRANO Y TRATAMIENTO



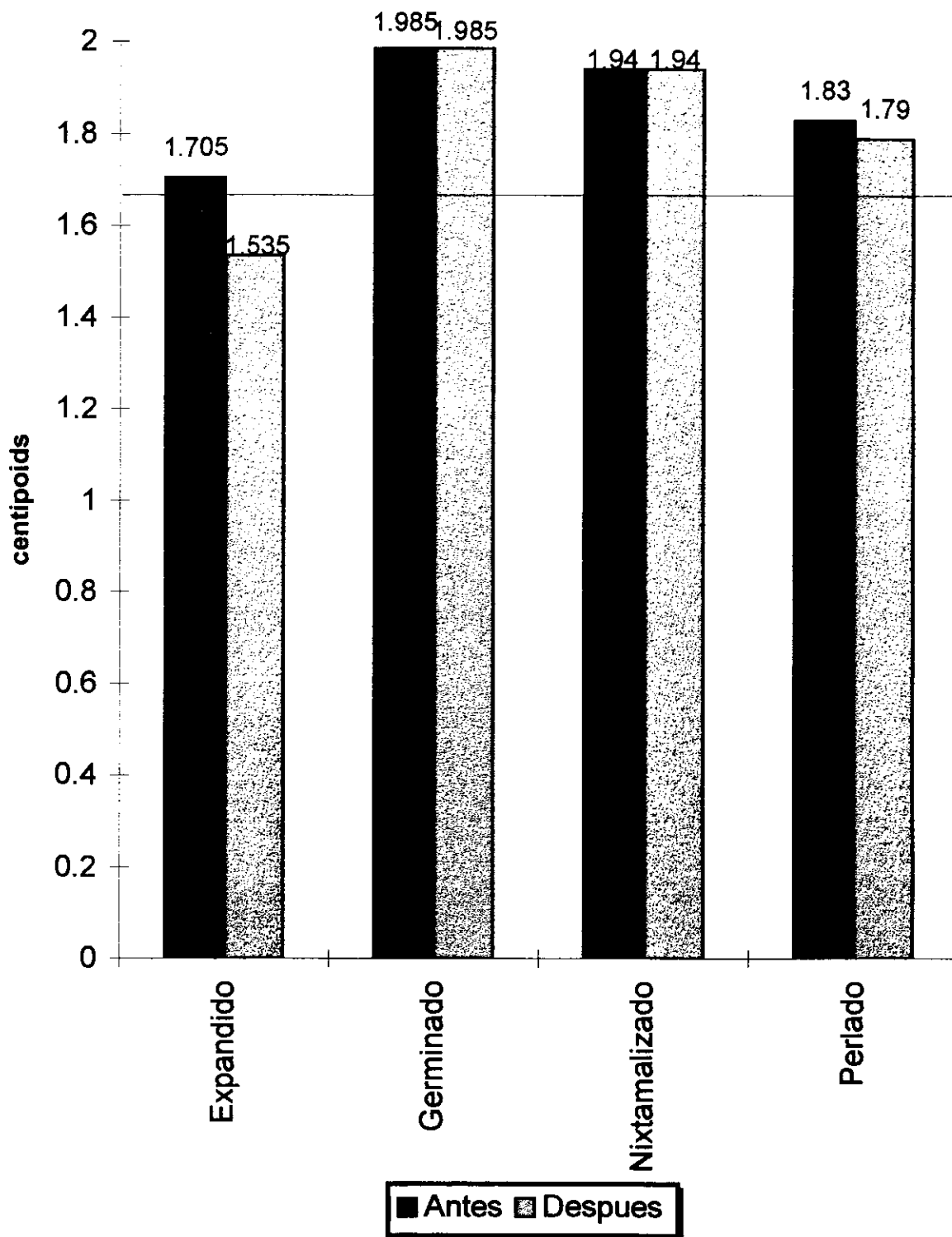
La línea representa la viscosidad de la Cerveza Comercial (1.6750)

de ser fermentada. La viscosidad de las cervezas experimentales, no son diferentes a la viscosidad de la cerveza de arroz y de la cerveza comercial. Al hacer una comparación según los tratamientos en los granos utilizados, gráfica #5, tampoco se muestra una diferencia significativa entre la viscosidad de la cerveza experimental, de la de arroz y la de la cerveza comercial (1.58, 1.63 y 1.67, respectivamente). Es de interés, indicar que la viscosidad de las hidrolizadas derivadas del grano de amaranto claro y oscuro que fuera germinado, así como las de los granos de los dos colores que fueron nixtamalizados, son los más altos (1.85, 1.92; 2.02 y 1.96 respectivamente) y el del nixtamalización, favorece el proceso de hidrólisis. Entre los granos, podemos ver que la cerveza que tiene mayor viscosidad, es la cerveza hecha con amaranto perlado, por lo que indica que ésta es la que tiene mayor cantidad de sólidos, y probablemente es la que tiene mayor cantidad de almidón antes de la gelatinización y fermentación.

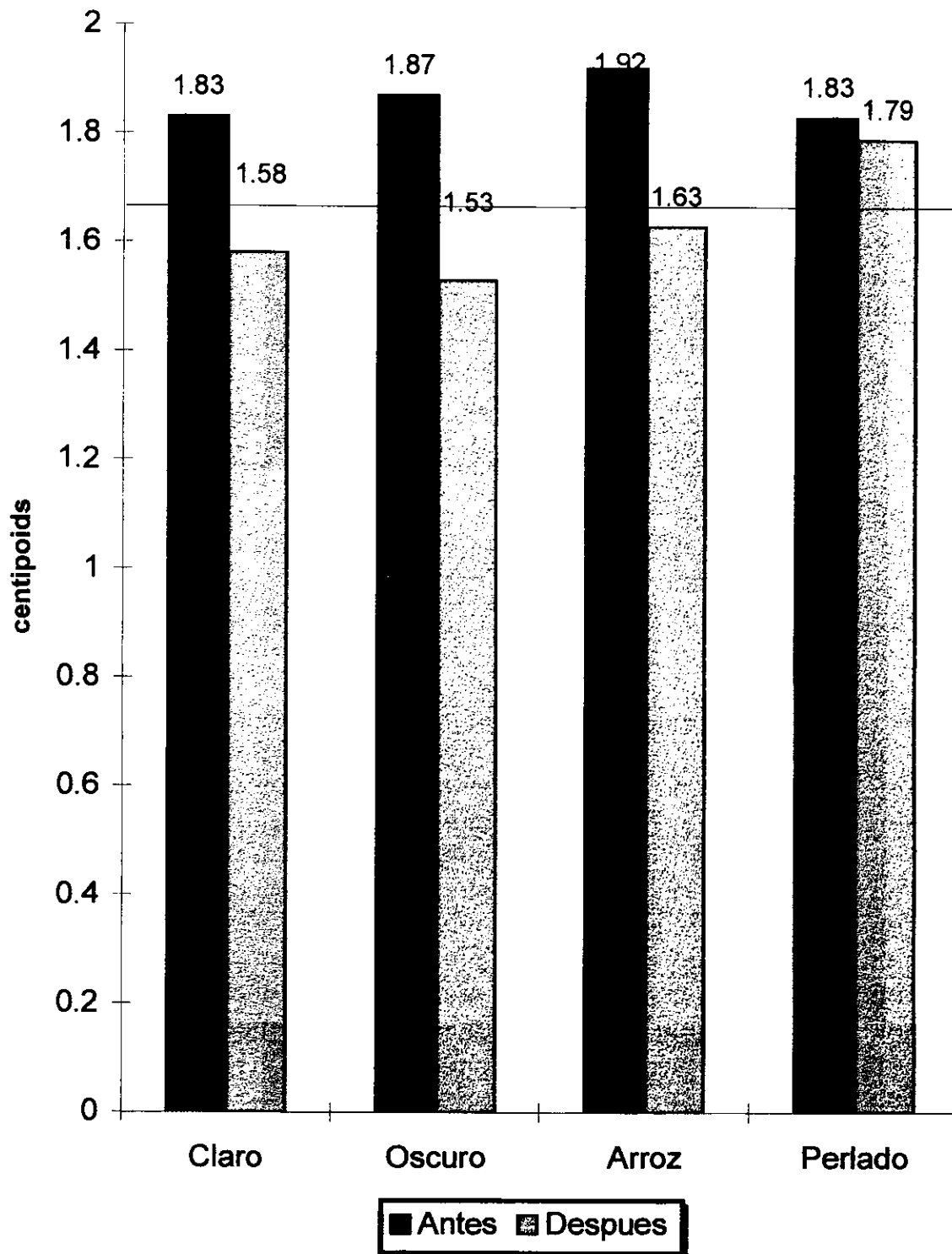
En la gráfica #6, se pueden ver todos los tipos de granos, según el tratamiento utilizado. Aquí también, el grano de amaranto perlado, es el que posee la mayor viscosidad (1.79), mientras que el amaranto claro germinado, es el de menor viscosidad (1.45). Viendo la gráfica, y comparándola con el dato de la cerveza comercial (1.67), se puede establecer que el grano que más se aproxima a la viscosidad de la cerveza comercial, es el arroz (1.66), lo cual es lógico, ya que muchas cervezas son hechas de arroz.

El pH fue otro de los parámetros de evaluación de proceso analizados. El pH del hidrolizado enzimático de los almidones influye sobre la actividad de las

GRAFICA #5
VISCOSIDAD ANTES Y DESPUES DE LA
FERMENTACION DE LA CERVEZA SEGUN
TRATAMIENTO



GRAFICA #6

VISCOSIDAD ANTES Y DESPUES DE LA
FERMENTACION DE LA CERVEZA SEGUN TIPO
DE GRANO

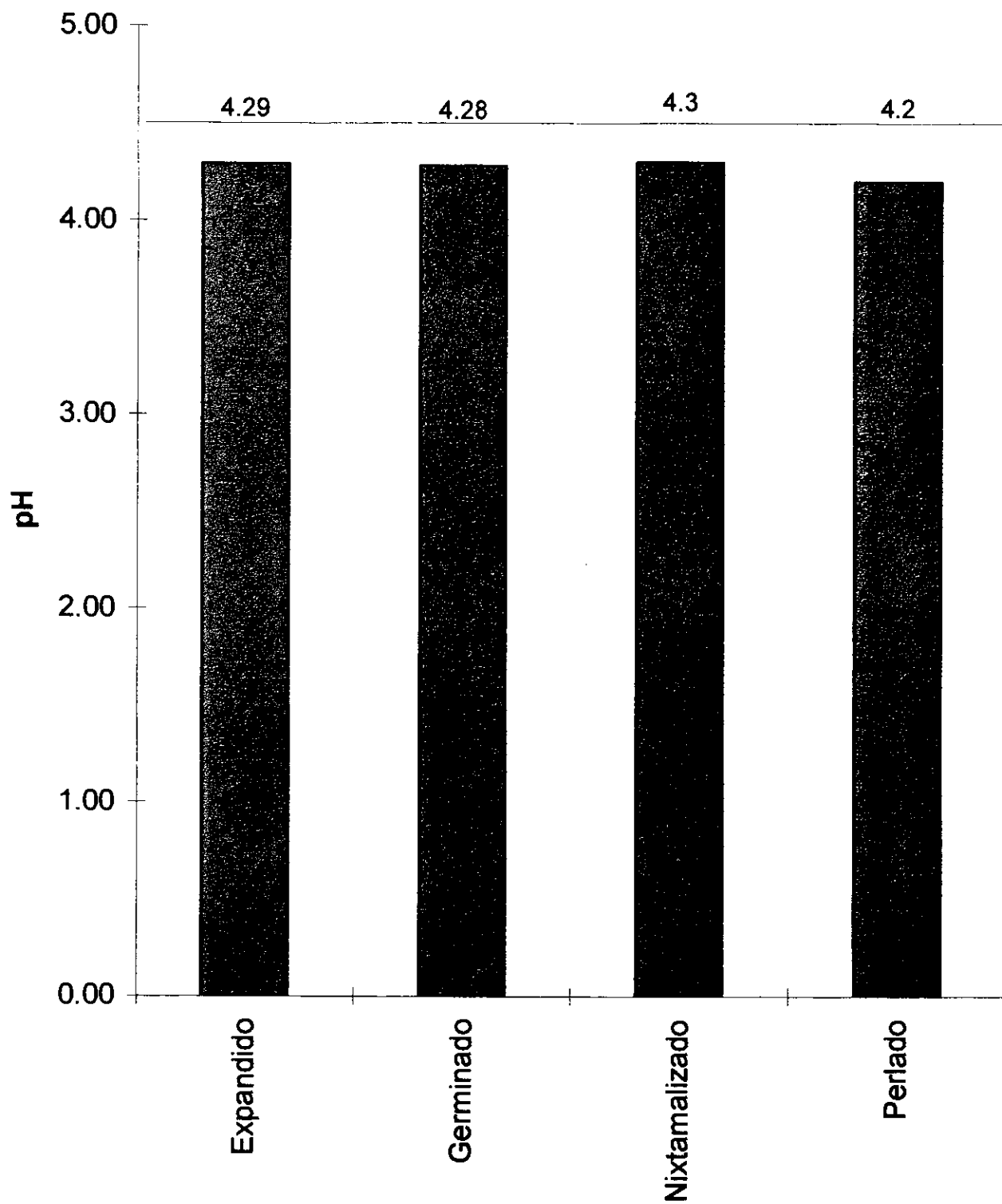
La línea representa la viscosidad de la Cerveza Comercial (1.6750)

enzimas, las cuales funcionan mejor a pH óptimos (5.0-5.2) y dependen también de la temperatura, concentración y naturaleza del hidrolizado. El pH baja después de la fermentación a valores entre 4.2 y 4.5. El agua que se utiliza, es de importancia. En la gráfica #7, se puede ver que no hay una diferencia significativa entre los tratamientos utilizados en el grano de amaranto, ni tampoco hay diferencia con la cerveza comercial. Pero al ver la gráfica #8, se observa un poco de diferencia en los granos utilizados, sobre todo con el arroz (4.13) y un poco con el amaranto perlado (4.20), pero no es hasta la gráfica #9, donde se ha graficado el pH de cada tipo de grano con su tratamiento, y donde realmente se ve la diferencia que hay entre el arroz y todos los demás granos utilizados. Por esto, después de efectuar su respectivo análisis estadístico, se puede ver que sí hay diferencias significativa entre el arroz y los demás tipos de granos, pero no hay diferencia significativa entre los demás granos y tratamientos utilizados. En todo caso, el pH de la cerveza está dentro de lo normal.

En lo referente a los sólidos, al hacer el análisis estadístico, resultó que no hay diferencia significativa entre los granos y tratamientos utilizados. Según la gráfica #11, el amaranto perlado, es el grano que mayor sólidos dejó (0.53%) después de la fermentación. El grano perlado es una materia prima con mayor contenido de almidón y por lo tanto azúcares, debido a la eliminación de la cáscara y del germen del grano. El mismo efecto, se encontró al analizar la viscosidad. No hubo diferencia entre color de grano de amaranto y arroz. Al ser comparado con los granos, según tratamiento, también resulta que el grano perlado, es el que posee la mayor cantidad de sólidos. La cantidad de sólidos tan

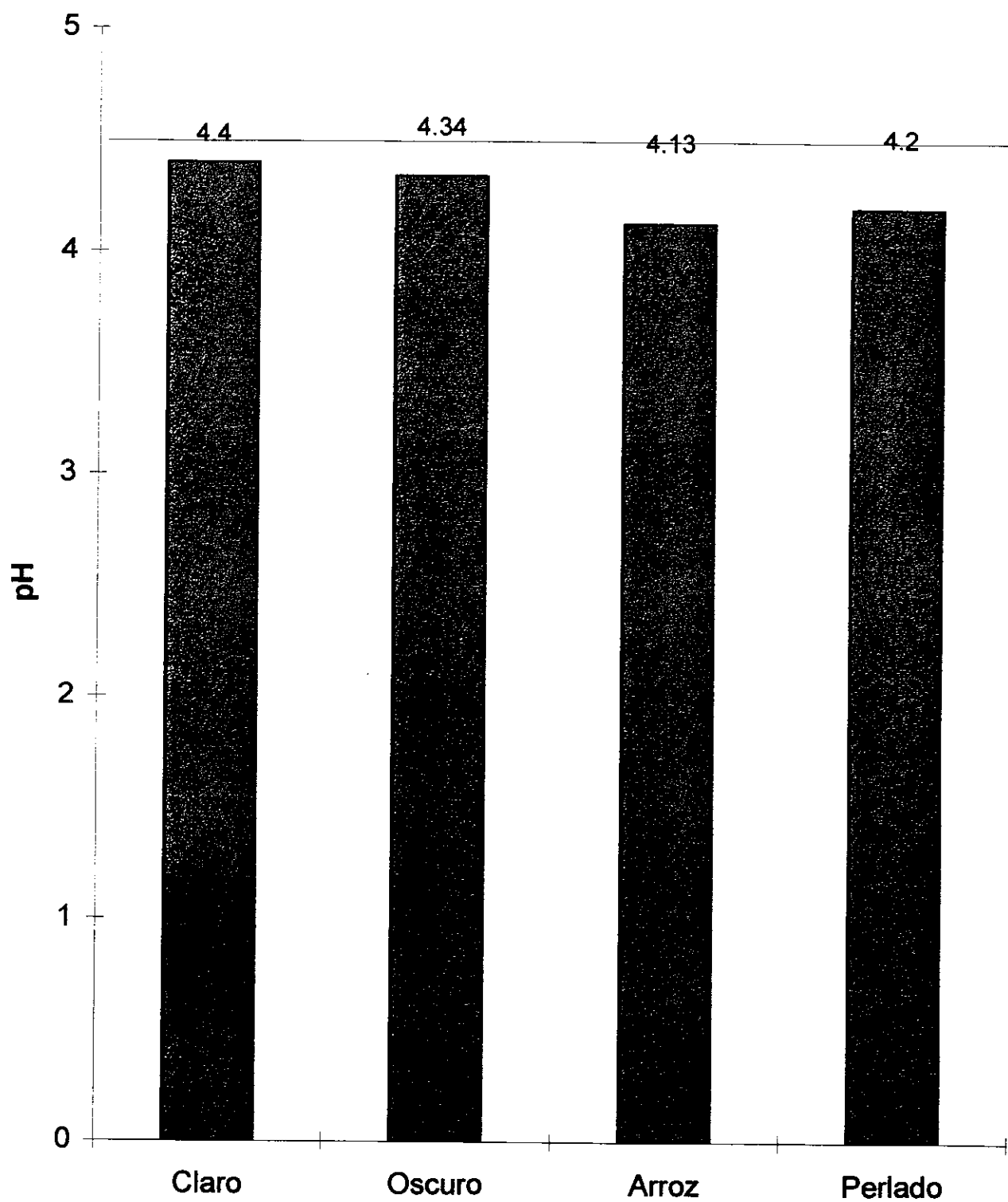
GRAFICA #7

pH DE CERVEZA SEGUN TRATAMIENTO



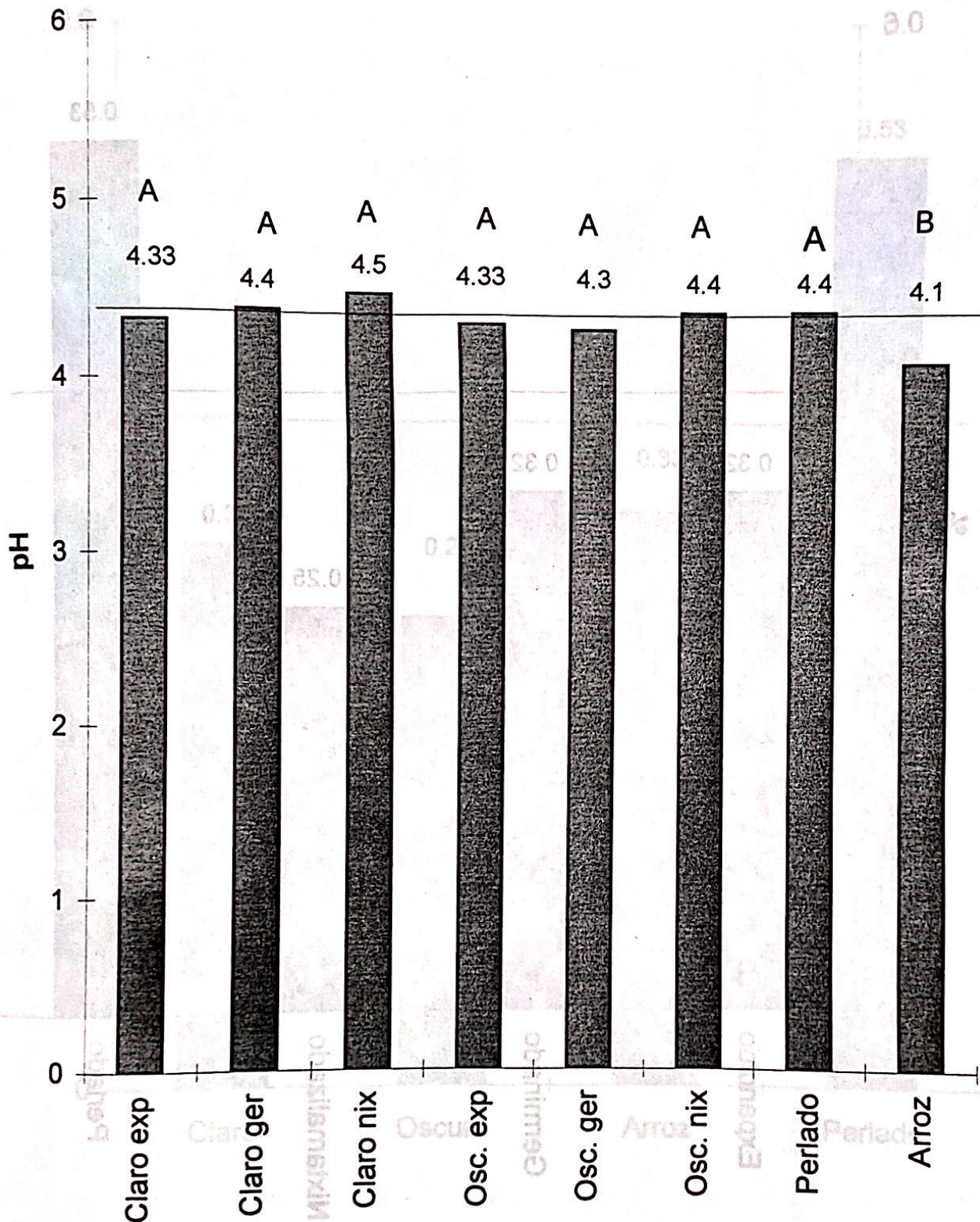
La línea representa la pH de la Cerveza Comercial (4.4)

GRAFICA #8

pH DE CERVEZA SEGUN
TIPO DE GRANO EMPLEADO

La línea representa el pH de la Cerveza Comercial (4.4)

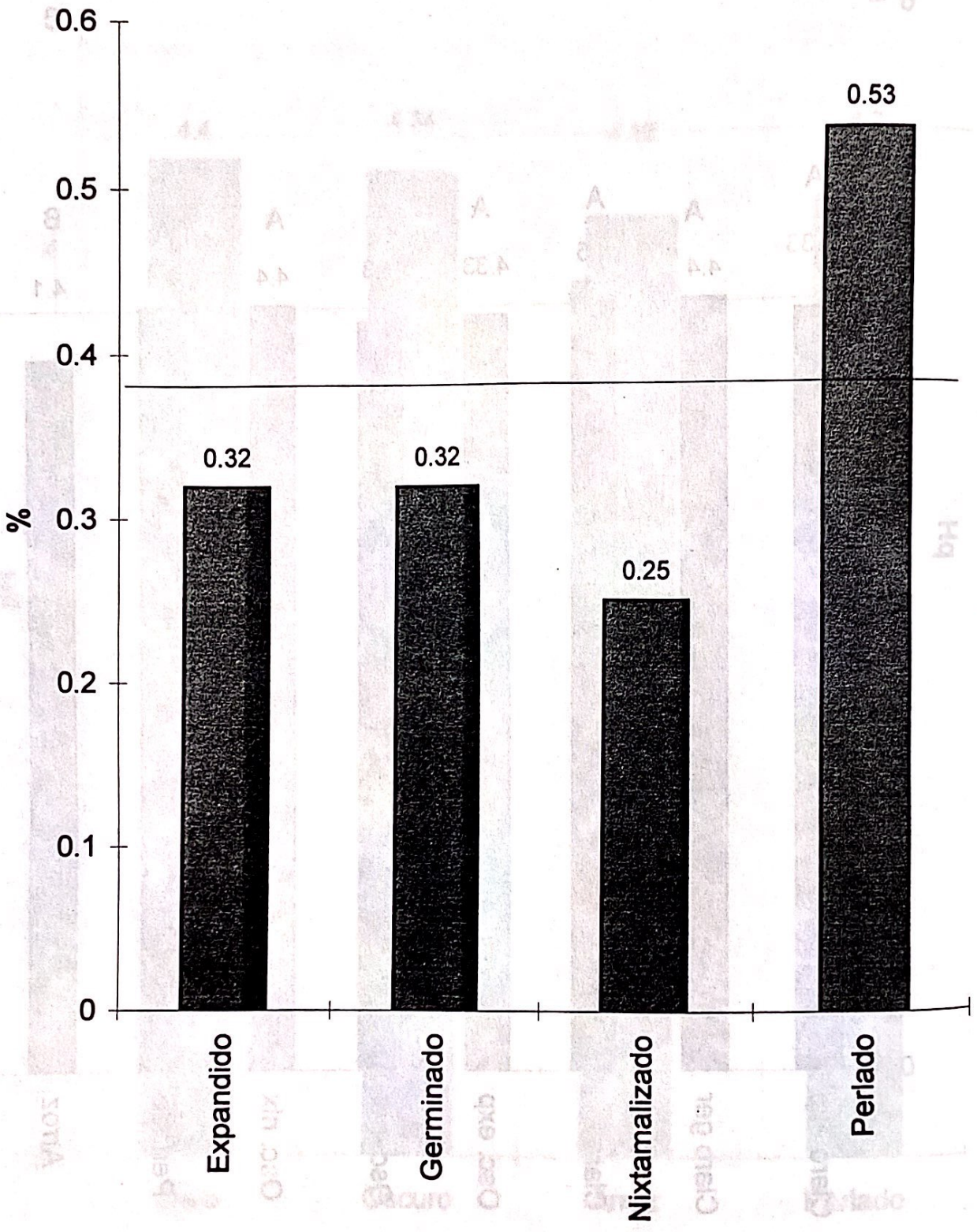
GRAFICA #9

pH DE CERVEZA SEGUN COMBINACION
GRANO Y TRATAMIENTO

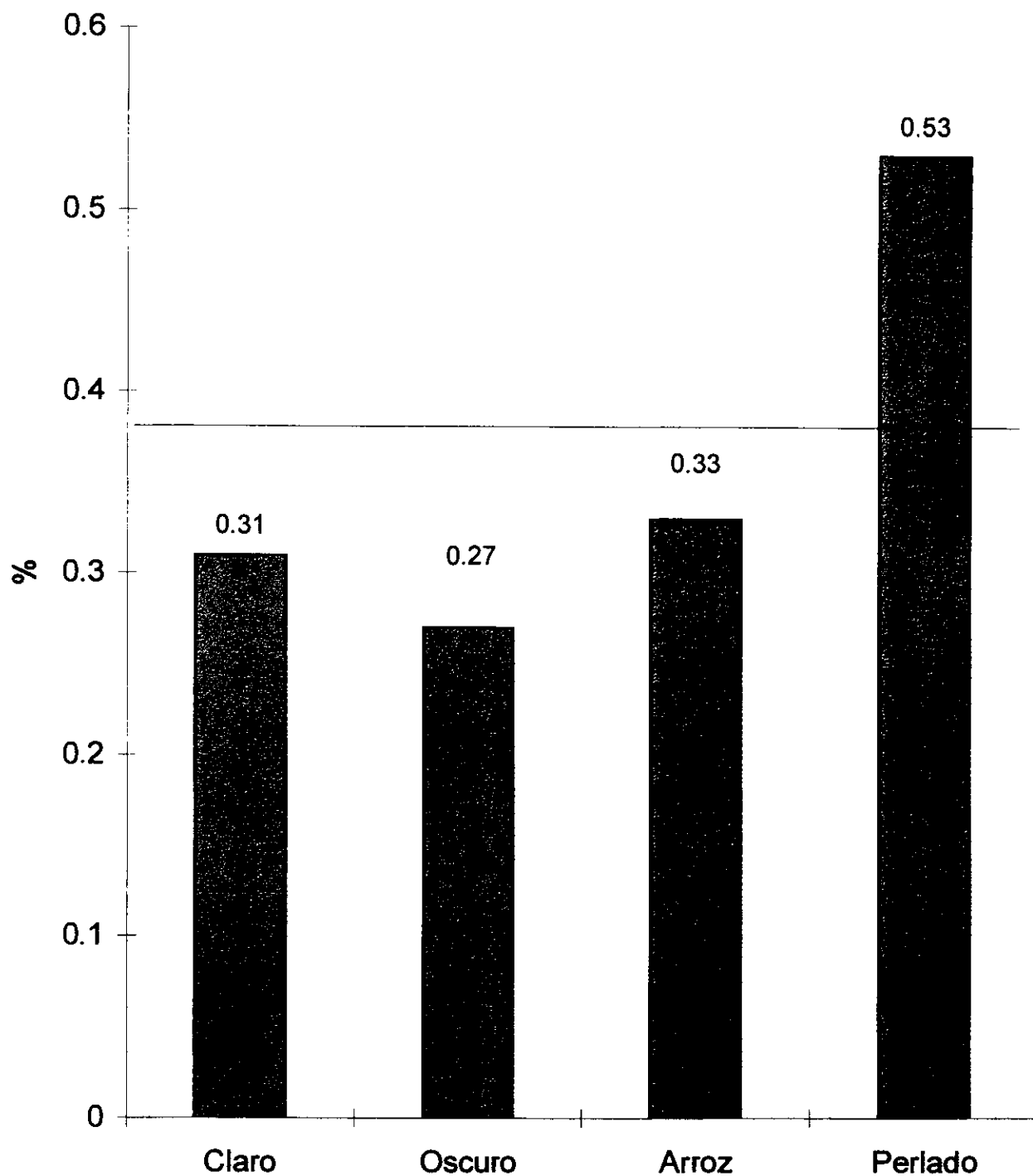
Las columnas con letras iguales no difieren estadísticamente ($p=0.05$)

GRAFICA #10

% DE SOLIDOS EN CERVEZA SEGUN TRATAMIENTO

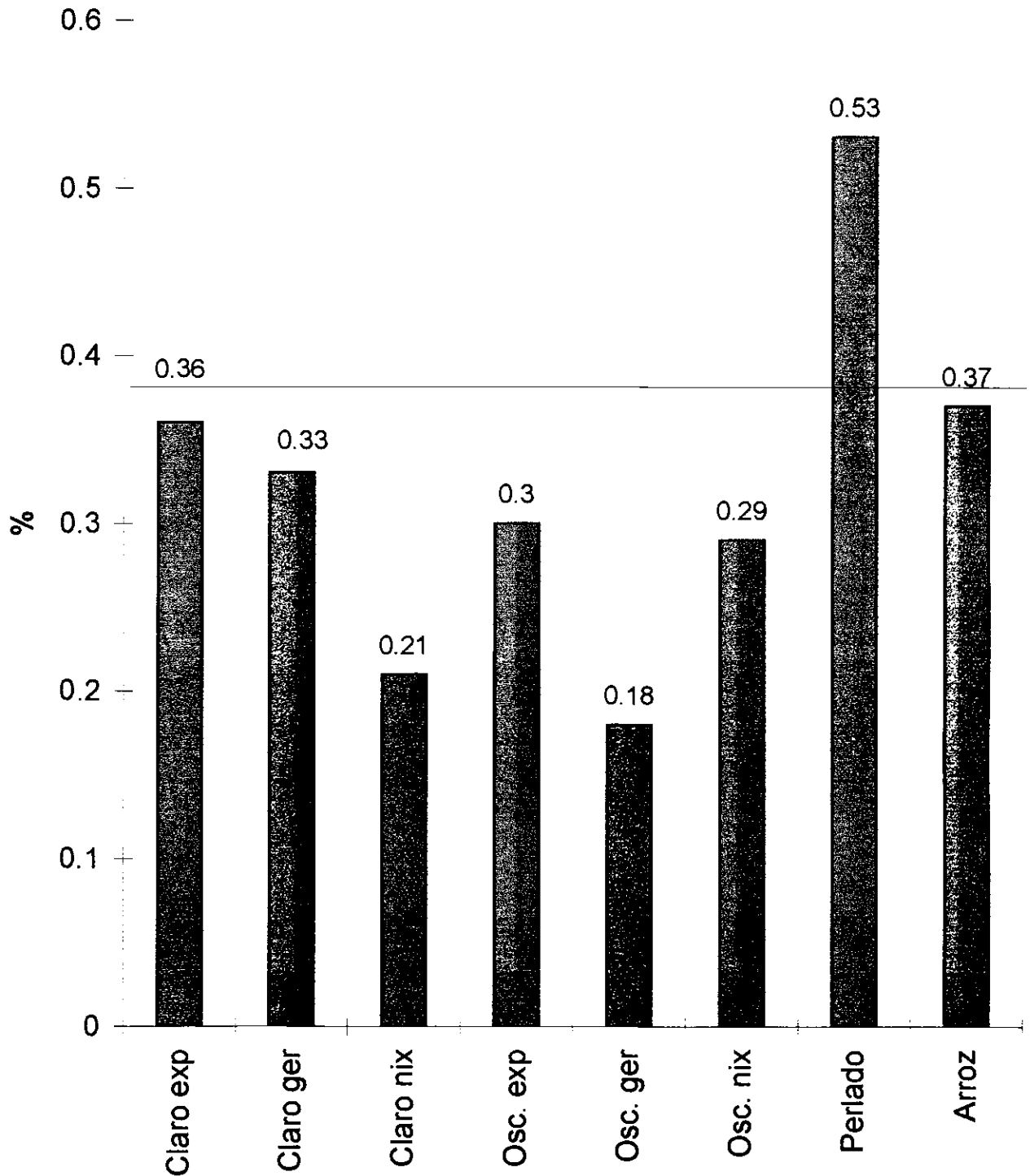


La línea representa el % de sólidos en la Cerveza Comercial (0.38%)

GRAFICA #11**% DE SOLIDOS EN CERVEZA
SEGUN TIPO DE GRANO EMPLEADO**

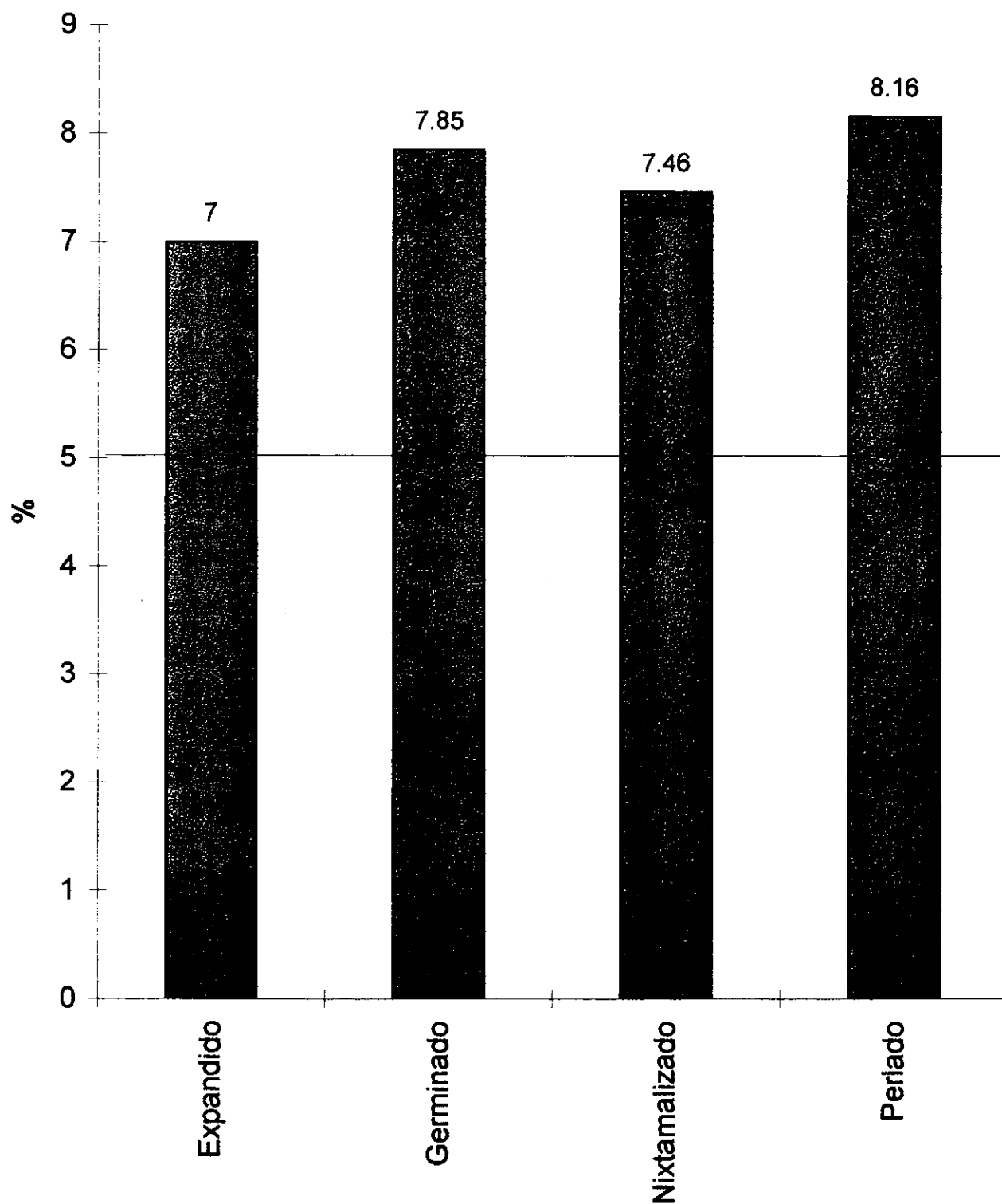
La línea representa el % de sólidos de la Cerveza Comercial (0.38%)

GRAFICA #12

% DE SOLIDOS EN CERVEZA
SEGUN COMBINACION GRANO Y TRATAMIENTO

No hay diferencias estadísticas entre medias aritméticas ($p=0.05$).

GRAFICA #13

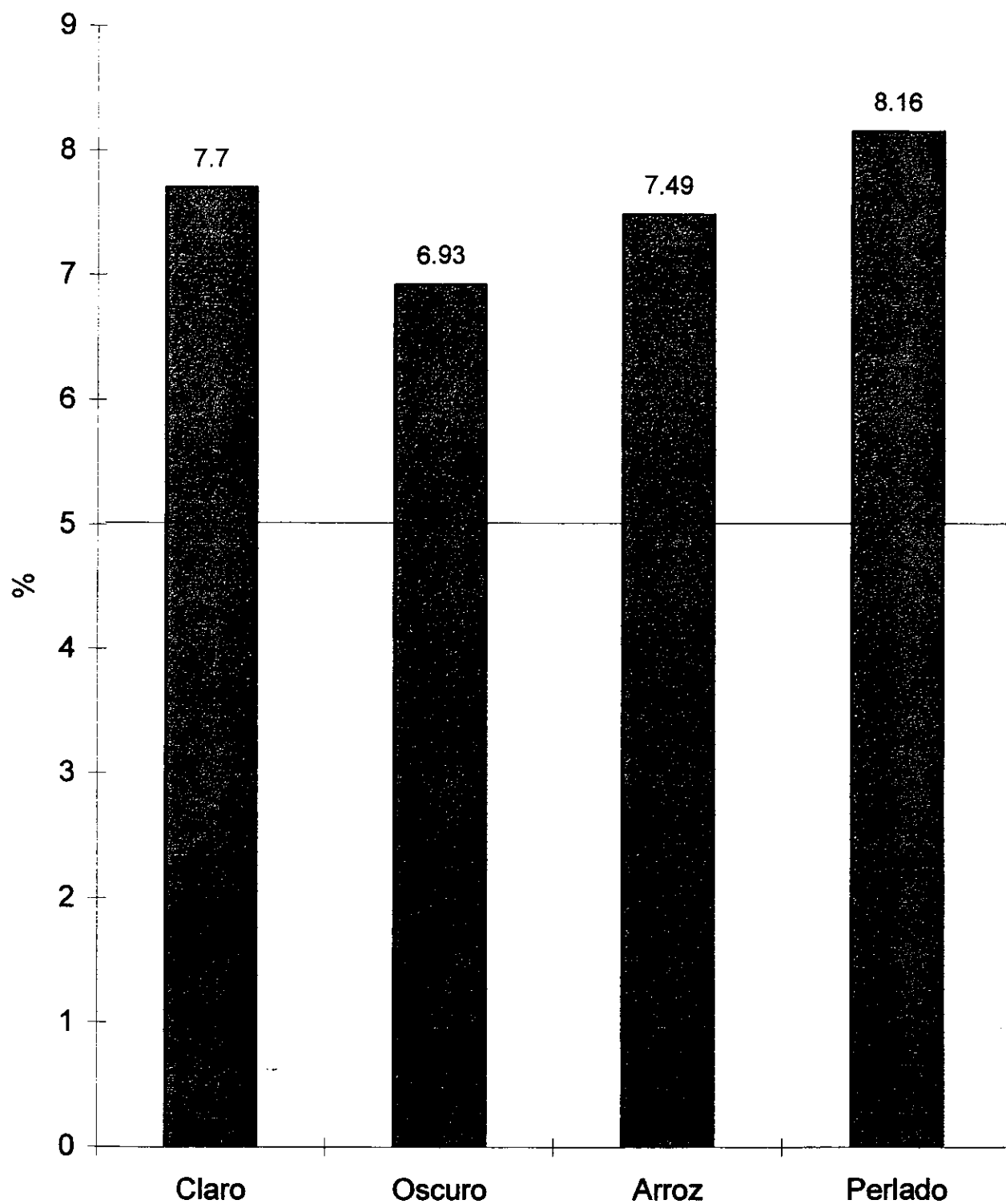
% DE ALCOHOL EN CERVEZA
SEGUN TRATAMIENTO

La línea representa el % de alcohol de la Cerveza Comercial (5%).

elevada, se debe a que el tiempo de fermentación, en el caso del amaranto perlado, no fue suficiente para convertir todos los azúcares en alcohol. Se debió haber utilizado mayor tiempo de fermentación. Esto también se puede ver en la viscosidad. El grano perlado obtuvo mayor viscosidad en comparación con los otros tipos de tratamientos, porque no hubo una conversión total de los azúcares. Según esto, este debería de ser el grano que produce la mayor cantidad de alcohol, ya que posee mayor cantidad de almidón, lo cual se puede demostrar en la gráfica #15, en la cual se muestran los porcentajes de alcohol, según tipo de grano y tratamiento. En ésta, se puede ver que el amaranto perlado es el que produce la mayor cantidad de alcohol (8.48%). Seguido por el amaranto claro expandido (8.31%), el cual, no tenía una cantidad muy grande de sólidos después de fermentar, no obstante, fue el que al inicio, tenía más cantidad de sólidos, por lo que transformó más azúcares en alcohol. Esto nos demuestra que sí hubo una fermentación, y que se obtuvo un porcentaje de alcohol alto.

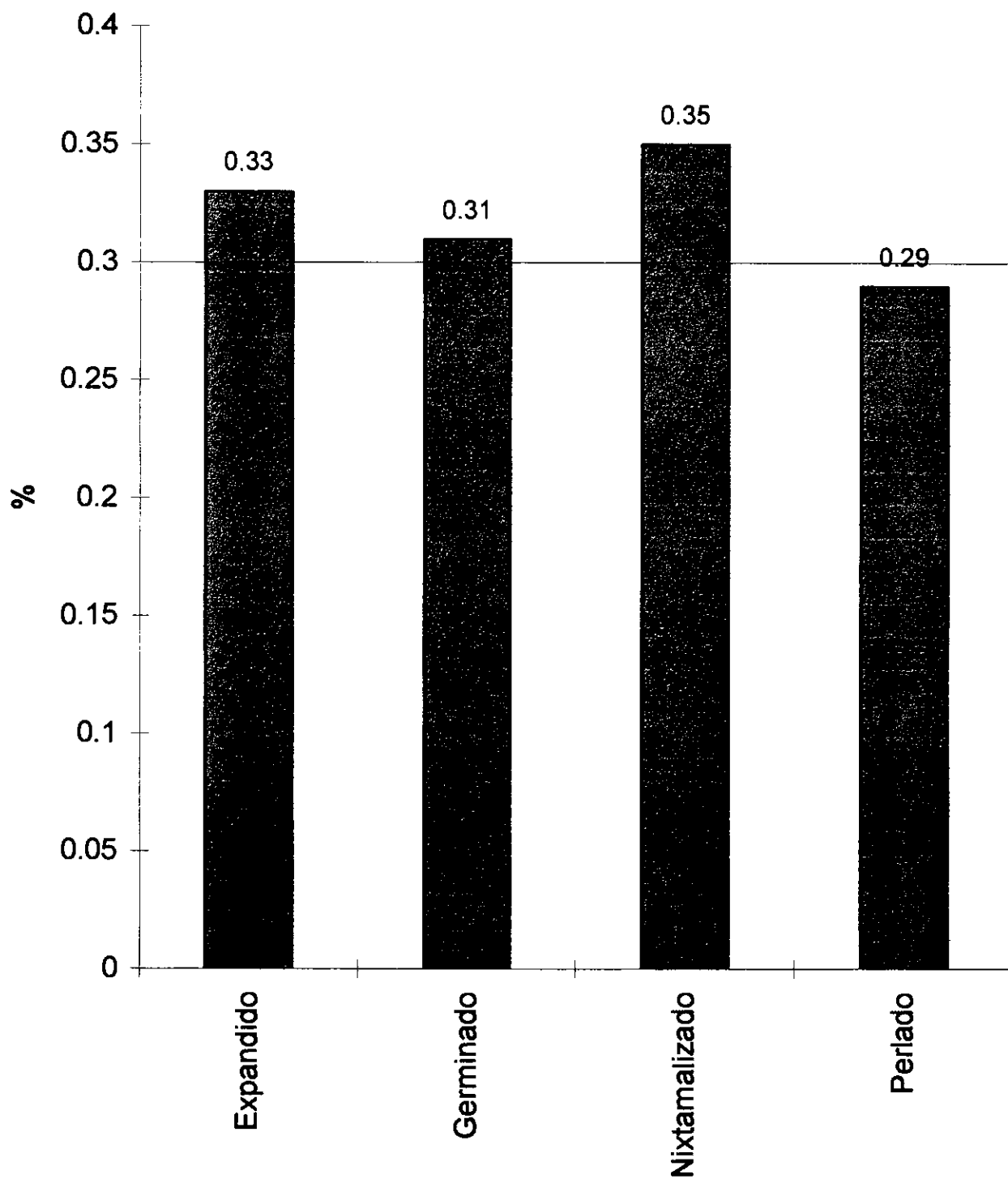
Por último, tenemos el porcentaje de acidez, que es reportado como porcentaje de ácido láctico, ya que en la literatura, ésta es la manera en que lo reportan. Todos los granos y tratamientos, estuvieron abajo del de la cerveza comercial, pero la diferencia fue mínima. Es de interés indicar que durante la conversión de azúcares a alcohol en la preparación de cerveza, inoculado por la levadura, se produce alcohol, anhídrido carbonico, agua y ácido acético. El ácido láctico, que se usa para expresar el grado de acidez, podría existir en la cerveza a causa de una contaminación por lactobacillus. Ya que los valores encontrados

GRAFICA #14

% DE ALCOHOL EN CERVEZA
SEGUN TIPO DE GRANO EMPLEADO

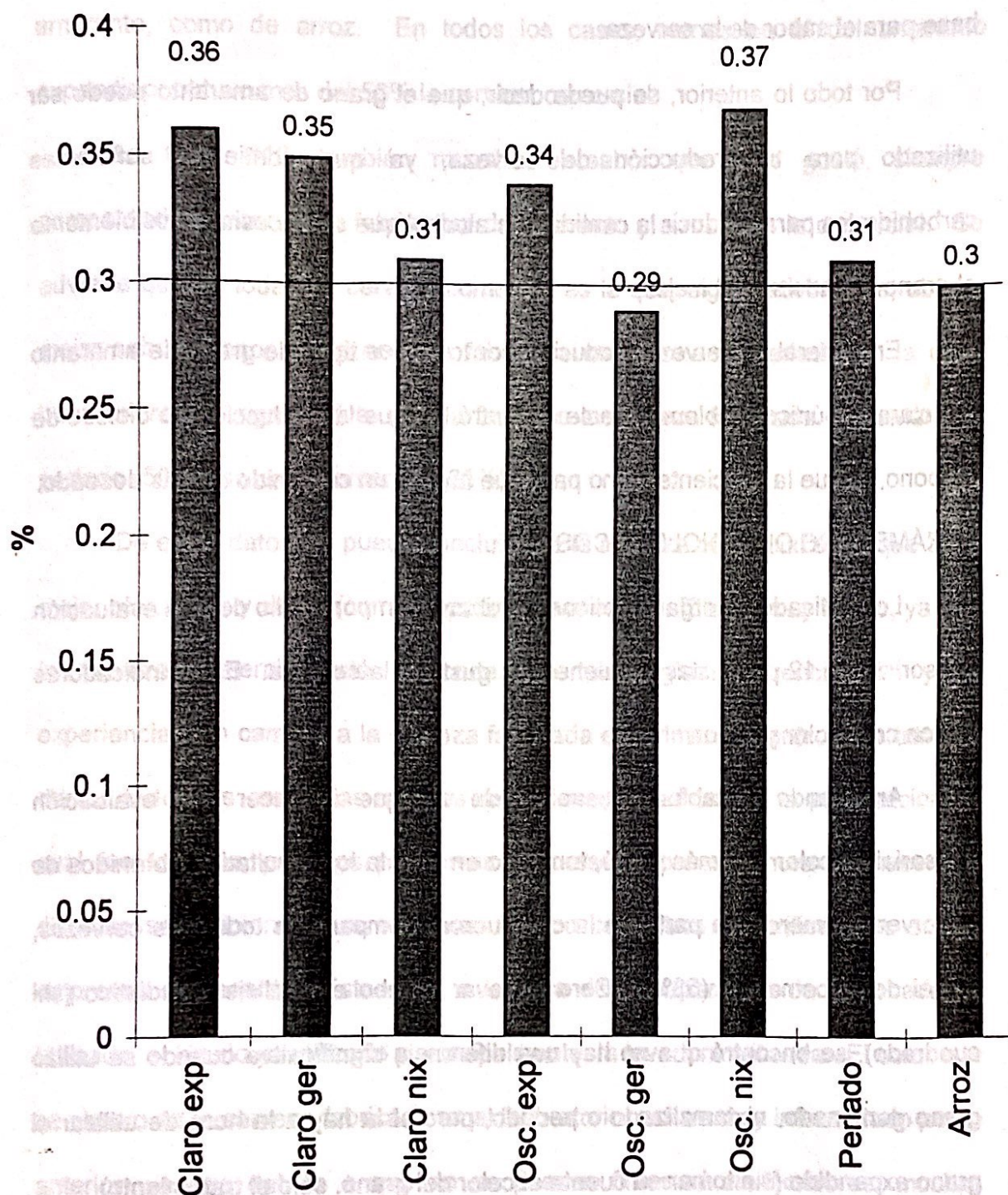
La línea representa el % de alcohol de la Cerveza Comercial (5%)

GRAFICA #16

**% DE ACIDEZ EXPRESADA COMO ACIDO
LACTICO EN CERVEZA SEGUN TRATAMIENTO
EMPLEADO**

La línea representa el % de ácido láctico en la Cerveza Comercial (0.3%)

GRAFICA #18

**% DE ACIDEZ EXPRESADO COMO ACIDO
LACTICO EN CERVEZA SEGUN COMBINACION
GRANO Y TRATAMIENTO**

No hay diferencia estadística entre medias aritméticas ($p=0.05$)

fueron bajos, indica que no hubo contaminación por bacterias a la hora de la fermentación.

Estos parámetros de comparación, se eligieron porque en la mayor parte de la literatura encontrada, esto era lo que se analizaba. Estos análisis son una base para el sabor de la cerveza.

Por todo lo anterior, se puede decir, que el grano de amaranto puede ser utilizado para la producción de cerveza, ya que contienen suficientes carbohidratos para producir la cantidad de alcohol que se necesita. Posiblemente el grano perlado sea el mejor.

En general, la cerveza producida por todos los tipos de grano de amaranto era clara. El único problema que se encontró fue que la producción de dióxido de carbono, no fue la suficiente como para que tuviera un contenido de gas deseado.

PARÁMETROS ORGANOLEPTICOS:

Los indicadores organolepticos, se obtuvieron por medio de una evaluación sensorial con 12 panelistas a quienes les gustaba la cerveza. Estos indicadores fueron color, olor y sabor.

Analizando la tabla #10, se puede ver que al hacer una evaluación sensorial, el color que más gustó, tomando en cuenta los resultados obtenidos de la cerveza comercial, a partir de la cual fueron comparadas todas las cervezas, fue el de la comercial (53%). Pero al llevar a cabo el análisis estadístico (chi cuadrado), se encontró que no hay una diferencia significativa cuando se utilizó grano germinado, nixtamalizado o perlado, pero sí la hay a la hora de utilizar el grano expandido (sin tomar en cuenta el color del grano, sólo el tratamiento).

La tabla #10 también se refiere al olor de las cervezas, tomando en cuenta la cerveza comercial. En este caso, al llevar a cabo el análisis estadístico, se encontró que la diferencia es significativa en todos los tratamientos. La cerveza comercial obtuvo un mejor olor que la cerveza fabricada, tanto de las semillas de amaranto, como de arroz. En todos los casos, menos en el del amaranto expandido, obtuvo más del 50% la cerveza comercial.

La tabla #10, también muestra el sabor que más gustó, siempre comparando las cervezas fabricadas de amaranto y arroz, con la comercial. Se advierte que en todas, la cerveza comercial es la que, significativamente, obtuvo mejor sabor, menos en la cerveza fabricada con amaranto perlado, en la cual, hubo diferencia significativa, pero a favor de la cerveza fabricada con amaranto perlado (50%), no en la comercial (35%).

De estos datos, se puede concluir que la cerveza comercial es la que tiene mejor olor, color y sabor (con excepción de un caso). Ello es muy lógico, ya que la cerveza comercial está fabricada con tecnologías convencionales y de experiencia. En cambio, a la cerveza fabricada experimentalmente, se le trató de dar en todos los casos, las mejores condiciones a la hora de la preparación, lo cual fue logrado, pero los problemas se presentaron a la hora de hacer las distintas separaciones que se llevan a cabo con filtros y clarificadores en las empresas cerveceras. Estas son, a la hora de la separación de la cebada ya utilizada, el lúpulo ya utilizado y principalmente, la levadura utilizada. El color que se obtuvo en la cerveza fabricada en el laboratorio, estuvo muy influenciado por lo anterior, ya que debido a que no se poseen filtros ni clarificadores, muchas

TABLA #10: RESULTADOS DEL COLOR, OLOR Y SABOR
TOMANDO EN CUENTA LA CERVEZA COMERCIAL

TRATAMIENTO	MATERIAL	COLOR	OLOR	SABOR
		%	%	%
Expandido	Claro	6.25	15.63	9.38
	Oscuro	28.13	28.13	15.63
	Arroz	12.50	9.38	6.25
	Comercial	53.13	46.88	68.75
Germinado	Claro	20.00	20.00	10.00
	Oscuro	25.00	0.00	20.00
	Arroz	5.00	5.00	10.00
	Comercial	50.00	75.00	60.00
Nixtamalizado	Claro	20.00	5.00	25.00
	Oscuro	15.00	0.00	5.00
	Arroz	20.00	25.00	20.00
	Comercial	45.00	70.00	50.00
Perlado	Claro	10.00	25.00	50.00
	Arroz	45.00	15.00	15.00
	Comercial	45.00	60.00	35.00

sustancias quedan en el líquido, las cuales hacen que la cerveza al final se mire opaca y no clara como la cerveza comercial. En lo referente al olor, ya que muchas sustancias se quedaban en el líquido posiblemente, despedían olores ajenos a la cerveza o demasiados fuertes que influían mucho a la hora de hacer la prueba sensorial del olor. Así mismo, como no eran embotelladas, muchos ésteres responsables del olor de la cerveza, se pudieron haber perdido en el ambiente. Por todo lo anterior, se puede deducir que habrá un efecto en el sabor, ya que si quedaban restos de lúpulo, éste le continuaba dando un sabor muy amargo a la cerveza, y si le quedaban restos de levadura, ésta podía incluso, continuar con la fermentación si por un momento se daban las condiciones adecuadas, y llegar al punto de darle sabor avinagrado a las cervezas. Otro factor muy importante en el sabor, es que la cerveza comercial sí está carbonatada, mientras que las experimentales no. Debido a todas las razones anteriores, la cerveza fabricada en el laboratorio tenía una gran desventaja sobre la cerveza comercial, por lo que se hizo un análisis estadístico y gráficas aparte. Sólo con la cerveza experimental, utilizando como control la cerveza fabricada de arroz, ya que ésta fue preparada bajo las mismas condiciones que las de amaranto.

El análisis de la evaluación sensorial de las cervezas experimentales comparándolas entre ellas sin tomar en cuenta la cerveza comercial, se muestra en la tabla #11. Primero tenemos el resultado utilizando amaranto expandido. Aquí podemos ver que el color que gustó más, es el de la cerveza fabricada con amaranto oscuro (60%), pero al hacerle el análisis estadístico, se puede ver que

la diferencia no es significativa. El amaranto claro fue el que menos gustó (13%). Después se muestra al amaranto germinado. En este caso, también fue el color del amaranto oscuro el que predominó más (50%), aunque el amaranto claro gustó casi igual (40%), pero tampoco es una diferencia significativa. El que gustó menos, fue el de la cerveza preparada con arroz (10%). En el caso del amaranto nixtamalizado, el color de cerveza que más gustó fue el de la cerveza fabricada con amaranto claro (37%). Pero aquí, no hay una diferencia muy notable entre los tres tipos de granos utilizados. Se puede decir que todos gustaron igual, ya que no sólo no existe una diferencia significativa al hacer el análisis estadístico, sino que tampoco hay mucha diferencia entre los porcentajes en el cuadro (grano claro 37%, grano oscuro 27% y arroz 36%). Por último, se muestra el amaranto perlado. Aquí sí hay una diferencia significativa, por lo que se puede concluir en que el amaranto perlado obtuvo mejor color (82%) que el arroz (18%), que era el control.

Las gráficas 19 y 20 muestran una comparación de los tratamientos según el tipo de grano utilizado. En la gráfica 19, se puede ver que las cervezas que obtuvieron el mejor color, fueron las fabricadas con amaranto claro nixtamalizado (34%) y con amaranto claro germinado (37%). En la gráfica #20, vemos que la cerveza fabricada con amaranto oscuro expandido (44%) fue la que obtuvo mejor color de todos los tratamientos con amaranto oscuro, y el tratamiento que obtuvo el peor color, fue el nixtamalizado (20%).

En la tabla #11, se muestra el olor que gustó más, de los cuatro tratamientos. Primero se obtienen los resultados del tratamiento de expandido.

TABLA #11: RESULTADOS DEL COLOR, OLOR Y SABOR
SIN TOMAR EN CUENTA LA CERVEZA COMERCIAL

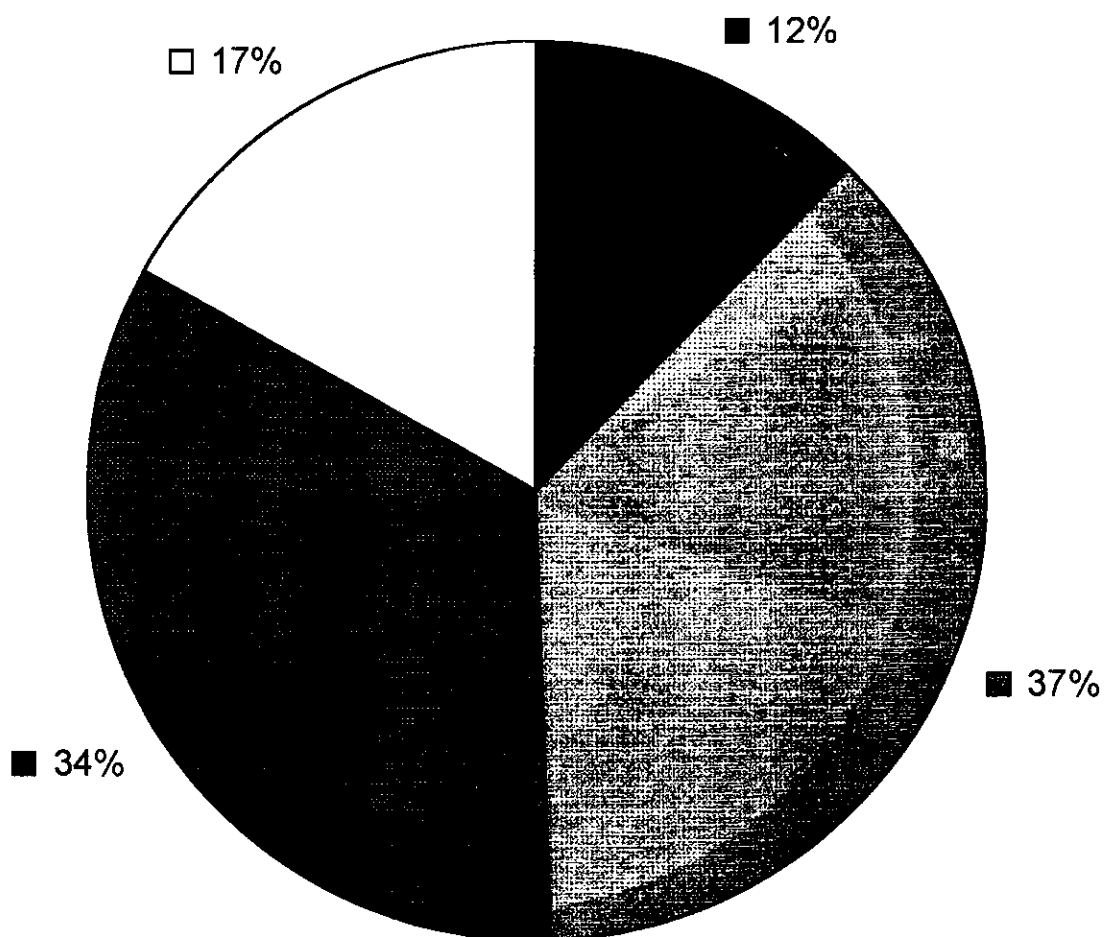
TRATAMIENTO	MATERIAL	COLOR %	OLOR %	SABOR %
Expandido	Claro	13.33	29.41	30.00
	Oscuro	60.00	52.94	50.00
	Arroz	26.67	17.65	20.00
Germinado	Claro	40.00	80.00	25.00
	Oscuro	50.00	0.00	50.00
	Arroz	10.00	20.00	25.00
Nixtamalizado	Claro	36.36	16.67	50.00
	Oscuro	27.27	0.00	10.00
	Arroz	36.36	83.33	40.00
Perlado	Claro	18.18	62.50	23.08
	Arroz	81.82	37.50	76.92

Aquí, el olor que más gustó, fue el del amaranto oscuro (53%), pero al hacer el análisis estadístico, vemos que no hay una diferencia significativa entre los granos. En los resultados del tratamiento de germinado, el olor que más gustó fue el del amaranto claro (80%). Se puede observar que el olor del amaranto oscuro no gustó (0%). Fue todo lo contrario de lo que sucedió con el color, por lo que se puede concluir que el amaranto oscuro germinado, no proporciona buen olor a la cerveza, aunque sí buen color. Los resultados del tratamiento de nixtamalizado muestran que el olor que más gustó fue el de la cerveza fabricada con arroz ,el control (83%), lo cual sí tiene diferencia significativa, por lo que se puede concluir con que el amaranto oscuro nixtamalizado, no proporciona buen olor a la cerveza. Por último, se muestra al amaranto perlado (62%), el cual gustó más sobre el control (38%), que fue el arroz.

La gráfica #21 muestra una comparación del olor de todos los tratamientos utilizando amaranto claro. Aquí vemos, que de todos los tratamientos, el que proporcionó mejor olor fue el germinado (42%) y el que no proporciona muy buen olor es el nixtamalizado (9%). En la gráfica #22 vemos una comparación de olor con todos los tratamientos, utilizando amaranto oscuro. Aquí vemos que el tratamiento de expandido es el que proporciona mejor olor (100%) sobre los otros dos. Se concluye en que ni el tratamiento de germinado (0%) ni el de nixtamalizado (0%), en grano oscuro, proporcionan buen olor a la cerveza.

Siempre en la tabla #11 se muestra el sabor que gustó más, según el tratamiento utilizado. Primero se muestra el tratamiento de expandido. Aquí vemos que el grano oscuro es el que proporciona mejor sabor a la cerveza (50%),

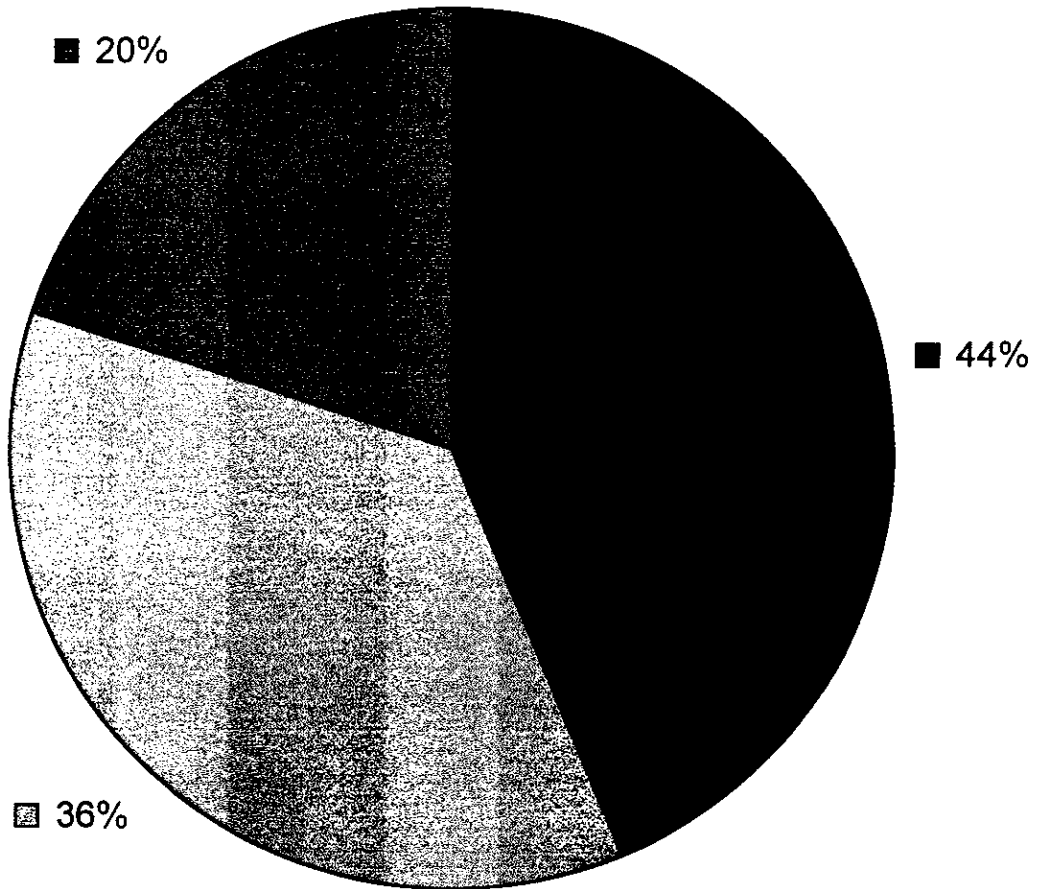
GRAFICA #19

COLOR QUE MAS GUSTO COMPARANDO LOS
CUATRO TRATAMIENTOS CON AMARANTO
CLARO

■ Claro exp. ■ Claro germ ■ Claro nixt. □ Perlado

GRAFICA #20

COLOR QUE GUSTO MAS COMPARANDO LOS TRES TRATAMIENTOS DE AMARANTO OSCURO



■ Oscuro exp. ■ Oscuro germ. ■ Oscuro nixt.

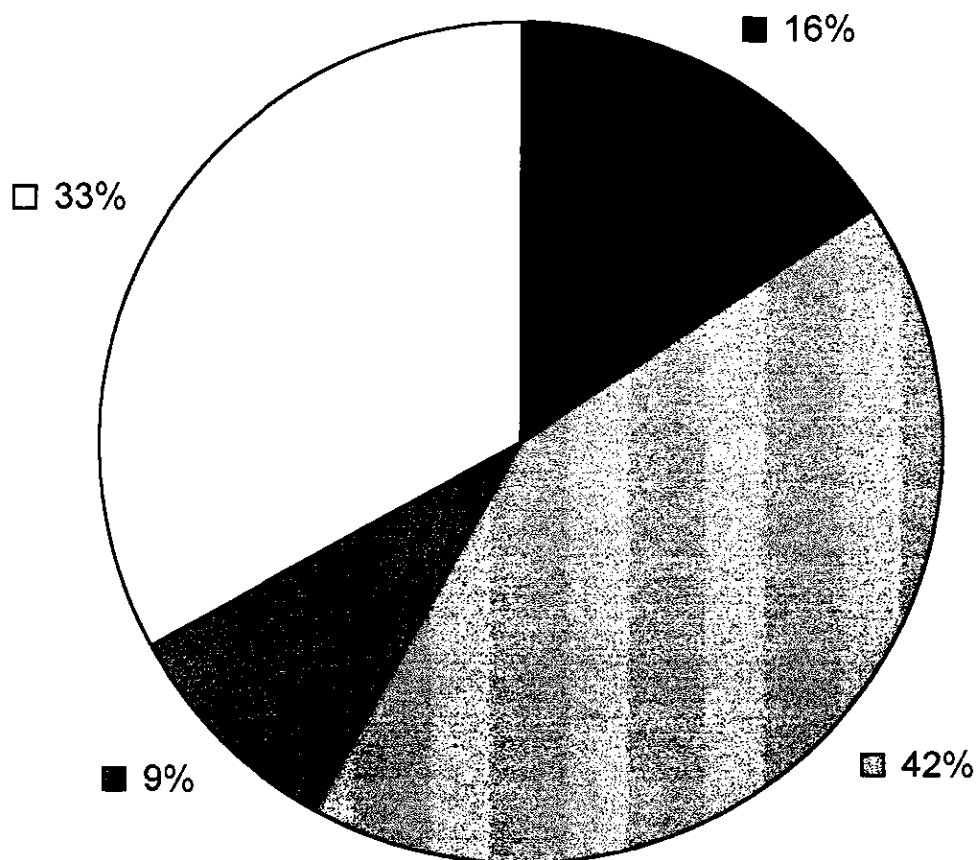
por lo que se puede deducir, según todos los análisis anteriores, que el grano que proporciona el mejor color, olor y sabor es el amaranto oscuro expandido. Después se muestra el tratamiento de germinado. Aquí también el amaranto oscuro (50%) es el que muestra el mejor sabor, pero con los análisis anteriores vemos que no sucede lo mismo con el olor, pero sí con el color. En el tratamiento de nixtamalizado, vemos que es el amaranto claro el que da el mejor sabor (50%) y por los análisis anteriores, el mejor color. Por último, se muestra el tratamiento de perlado, y vemos que el grano perlado es el que da mejor sabor (77%).

La gráfica #23 muestra el sabor que más gustó, según el tratamiento dado al amaranto claro. Vemos que el sabor que más gustó, fue el del amaranto perlado (43%). En la gráfica #24, se muestra lo mismo, pero con el amaranto oscuro, aquí vemos que el amaranto expandido es el que más gustó (46%).

De todos los análisis anteriores, se puede concluir con que el grano y tratamiento que tiene las mejores cualidades organolépticas y que es factible para el uso en fabricación de cerveza, es el amaranto oscuro expandido.

La tabla #12 muestra el sabor que las personas entrevistadas le sentían a las cervezas fabricadas con amaranto oscuro expandido y amaranto claro expandido. Se puede ver que en la cerveza fabricada con amaranto oscuro, el sabor que predominaba era el sabor a cerveza (35%). Este parámetro, es muy ambiguo, y se deja mucho al criterio del panelista, pero por esta razón, a la hora de elegir al panel sensorial se buscaron personas a las cuales les gustara la cerveza, mientras que con el amaranto claro, el sabor predominante fue el amargo (37%). Se les hizo la pregunta que sobre si les gustaba o no la cerveza, en el

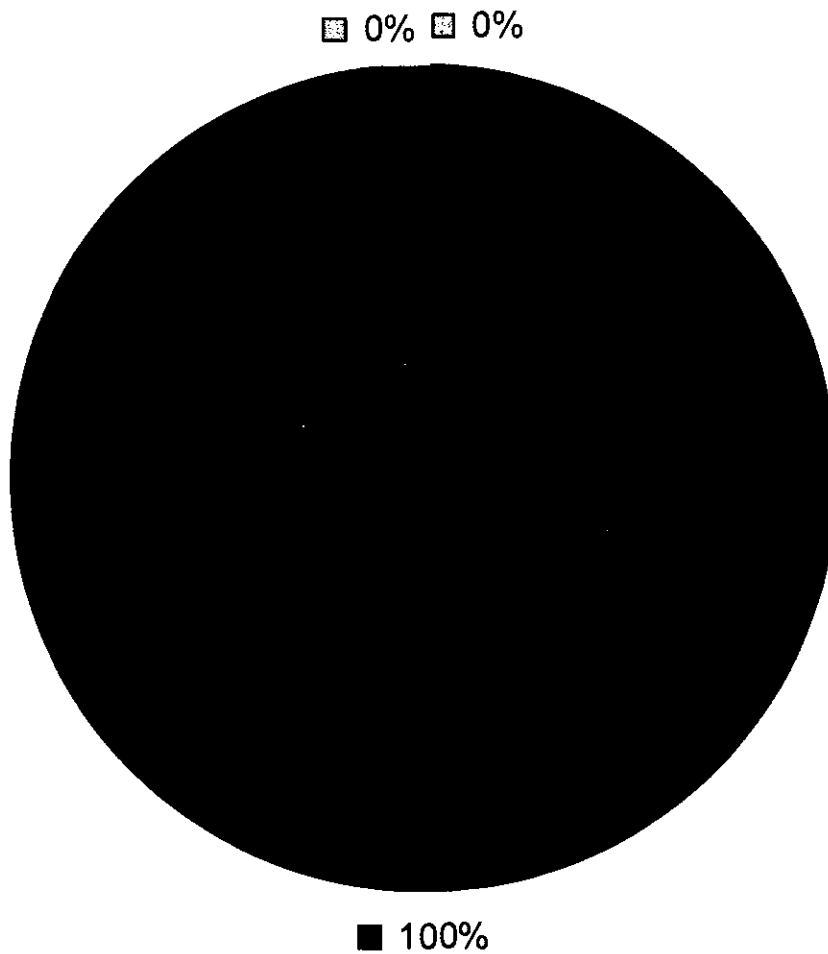
GRAFICA #21

OLOR QUE GUSTO MAS COMPARANDO
LOS CUATRO TRATAMIENTOS
DE AMARANTO CLARO

■ Claro exp. ■ Claro germ. ■ Claro nixt. □ Perlado

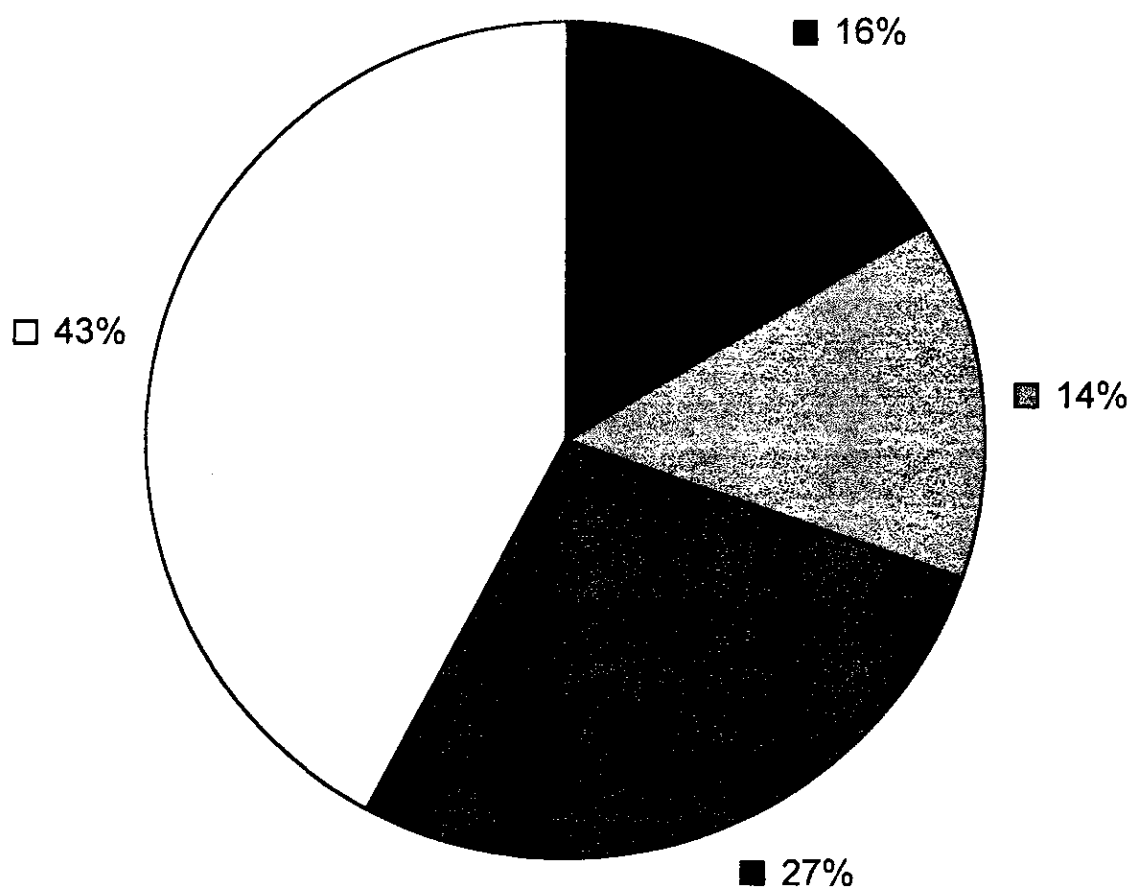
GRAFICA #22

OLOR QUE GUSTO MAS COMPARANDO LOS TRES TRATAMIENTOS DE AMARANTO OSCURO



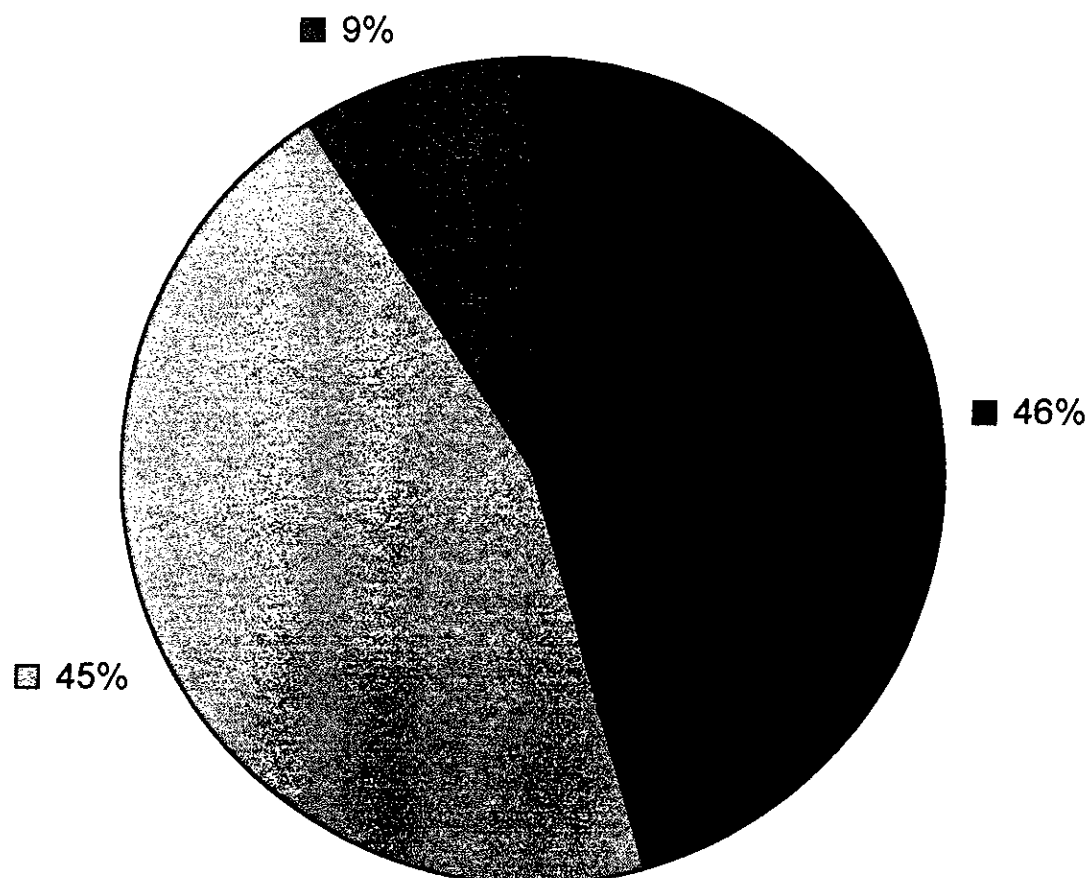
■ Oscuro exp ■ Oscuro germ ■ Oscuro nixt

GRAFICA #23

SABOR QUE MAS GUSTO COMPARANDO LOS
CUATRO TRATAMIENTOS DE AMARANTO CLARO

■ Claro Exp. ■ Claro Germ. ■ Claro Nixt. □ Perlado

GRAFICA #24

SABOR QUE MAS GUSTO COMPARANDO LOS
TRES
TRATAMIENTOS DE AMARANTO OSCURO

■ Oscuro Exp. ■ Oscuro Germ. ■ Oscuro Nixt.

caso de la cerveza fabricada con amaranto oscuro. Un 44% dijo que sí, y para la fabricada con amaranto claro, un 47% dijo que sí.

Seguidamente, se muestran los resultados del sabor de la cerveza fabricada con el tratamiento de germinado. Aquí vemos que en el caso de la cerveza fabricada con amaranto oscuro, el sabor que predominó más fue el amargo (55%). Lo mismo sucedió con la cerveza fabricada con amaranto claro (60%). A la pregunta de si gustaba o no la cerveza, un 45% respondió que sí le gustaba la cerveza de amaranto oscuro y un 40% dijo que sí, para la cerveza de amaranto claro.

La tabla #12 también muestra el sabor de la cerveza fabricada con el tratamiento de nixtamalizado. En el amaranto oscuro, el sabor que predominó fue el de levadura (30%), el cual se debió a que no se eliminó bien la levadura. Lo mismo sucede con el amaranto claro (40%). Al contestar la pregunta sobre si gustaba, un 44% dijo que sí le gustaba la cerveza fabricada con amaranto oscuro, mientras que solo un 35% dijo que sí le gustaba la fabricada con amaranto claro.

Seguidamente se puede observar el sabor de la cerveza fabricada con amaranto perlado. Se puede ver que el sabor predominante, es el de amarga (52%). Al preguntar si gustaba, un 40% respondió que sí gustaba.

El amargo de la cerveza, en general, se debe al lúpulo, por lo que se pudo haber utilizado demasiado lúpulo o no se eliminó por completo en algunas de las cervezas.

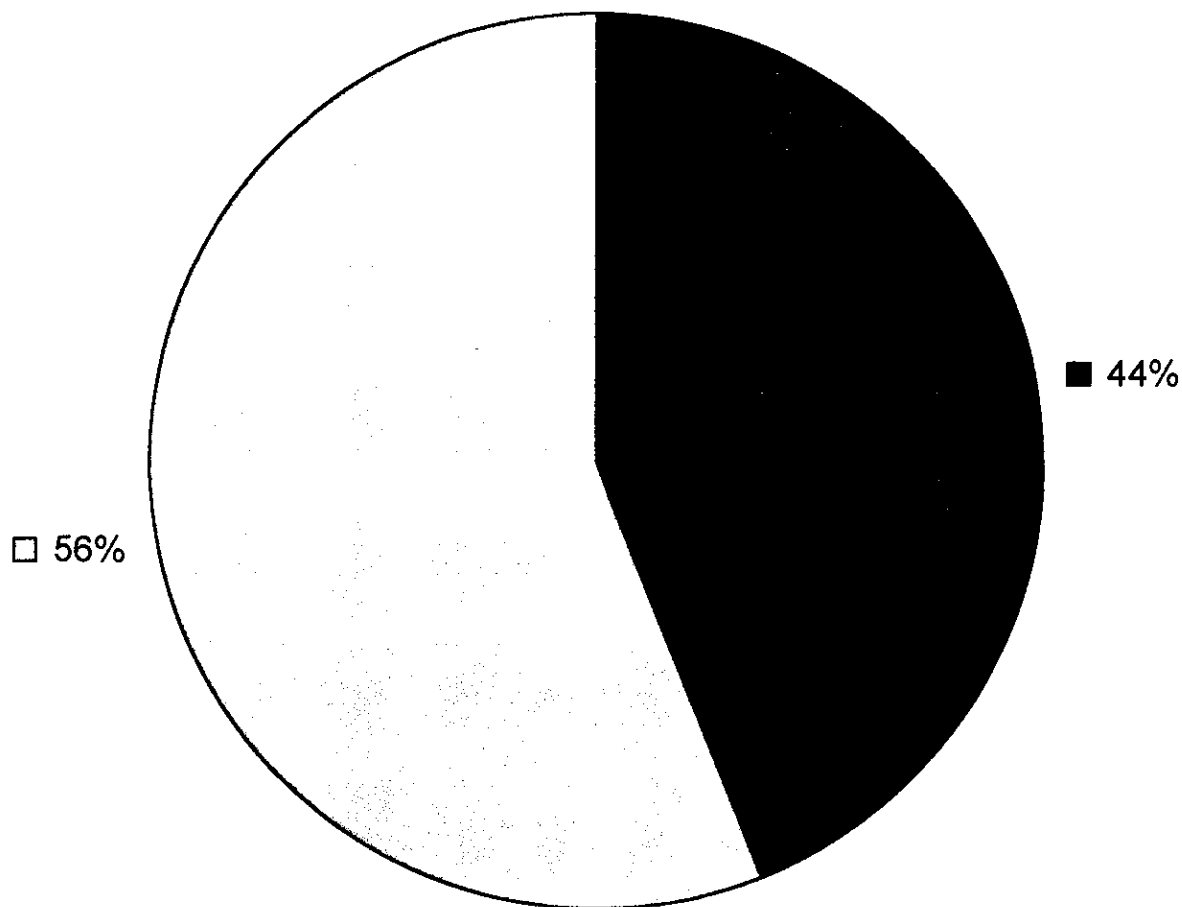
Por último, la tabla #12 muestra el sabor que los panelistas le sintieron a la cerveza fabricada con arroz. El control, el 54% de los panelistas le sintió sabor amargo, y al 38% le gustó.

TABLA #12: RESULTADOS DEL SABOR DE LA CERVEZA

TRATAMIENTO	MATERIAL	LEVADURA	CERVEZA	AMARGA	DULCE	OTRO
		%	%	%	%	%
EXPANDIDO	CLARO	5	7	11	7	0
	OSCURO	10	13	7	7	0
	ARROZ	2	8	32	3	1
	COMERCIAL	6	15	5	3	2
GERMINADO	CLARO	1	3	12	3	1
	OSCURO	5	3	11	0	1
	ARROZ	4	8	8	0	0
	COMERCIAL	5	10	4	1	0
NIXTAMALIZADO	CLARO	11	3	5	1	0
	OSCURO	12	2	3	2	5
	ARROZ	4	1	11	4	0
	COMERCIAL	2	12	5	0	1
PERLADO	CLARO	0	8	11	2	0
	ARROZ	5	6	6	2	0
	COMERCIAL	4	7	5	4	0

GRAFICA #25

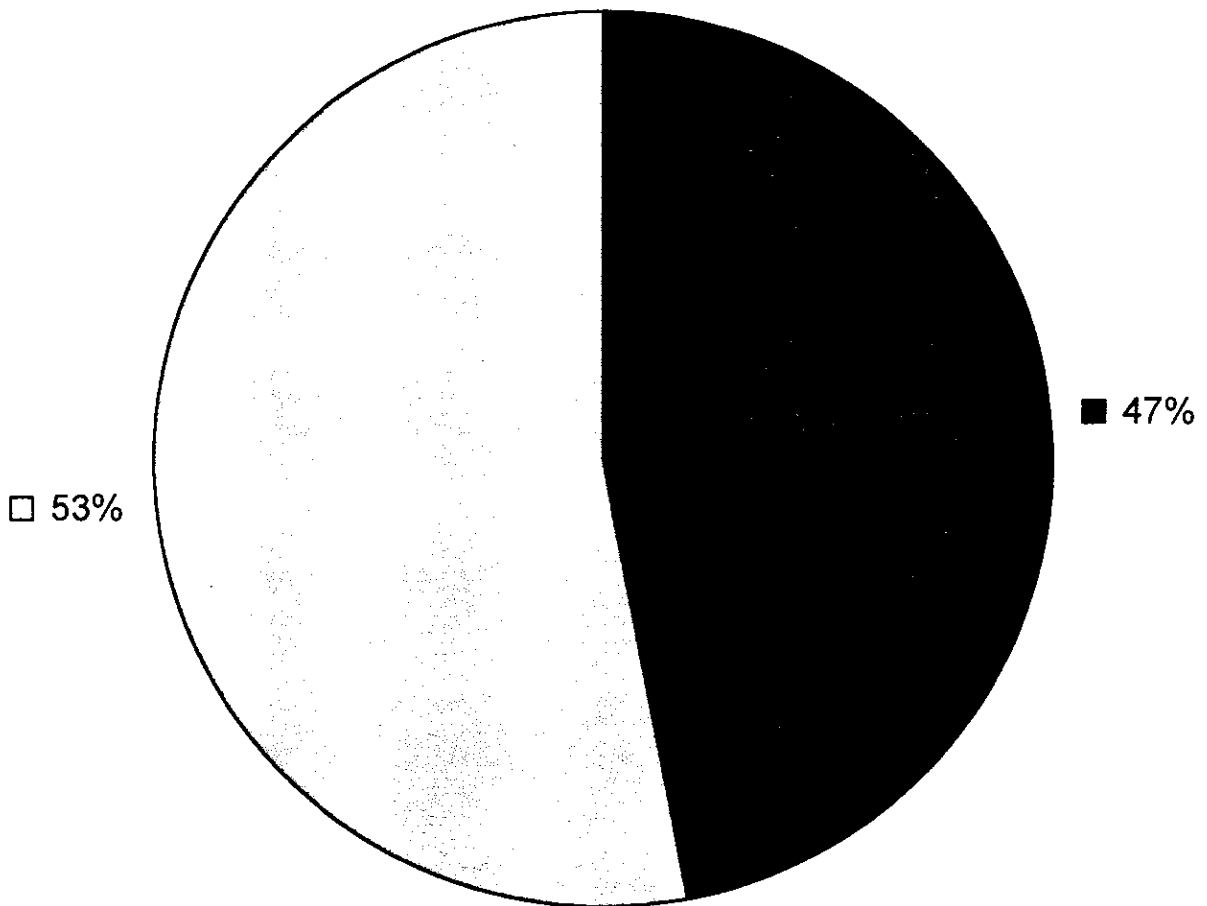
PORCENTAJE DE PERSONAS A QUIENES LES GUSTO LA CERVEZA FABRICADA CON AMARANTO OSCURO EXPANDIDO



■ SI □ NO

GRAFICA #26

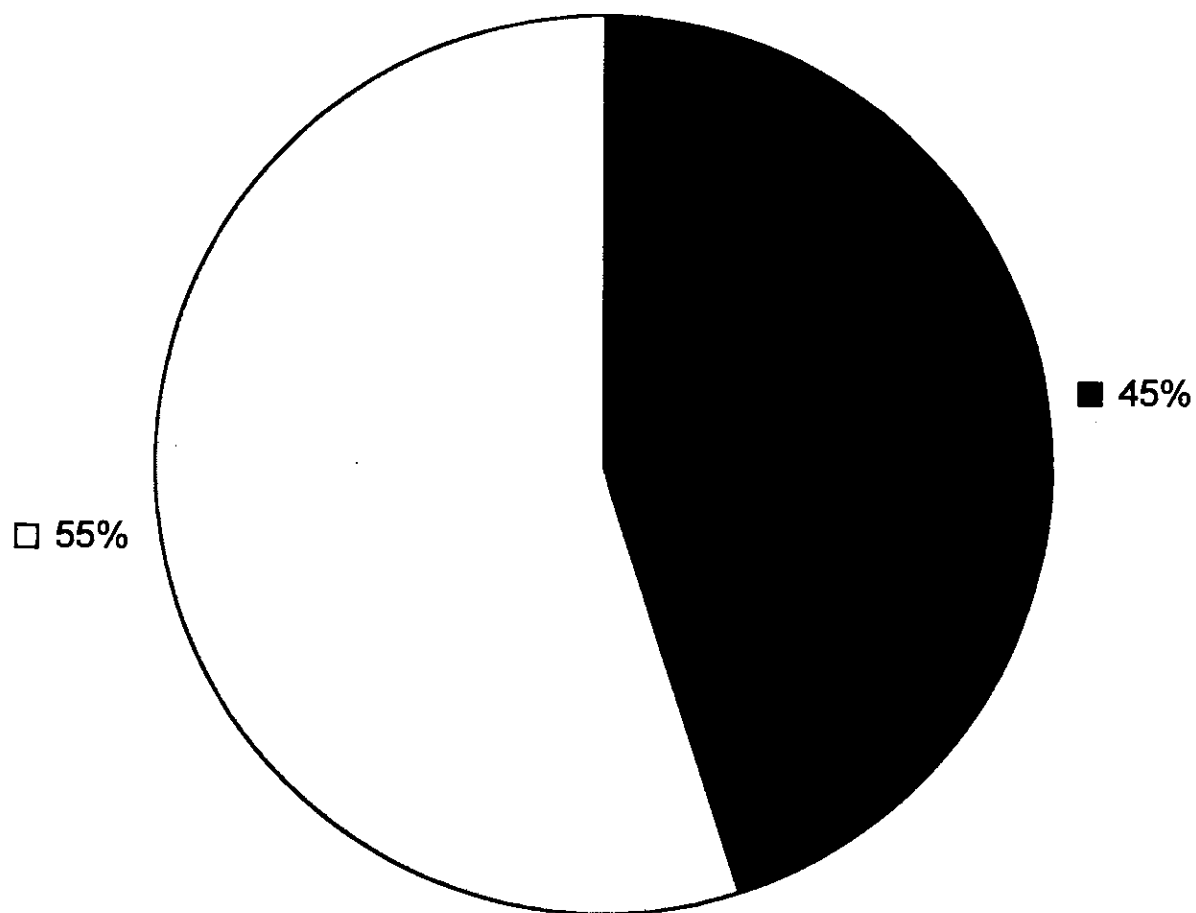
**PORCENTAJE DE PERSONAS A QUIENES LES
GUSTO LA CERVEZA FABRICADA CON
AMARANTO CLARO EXPANDIDO**



■ SI □ NO

GRAFICA #27

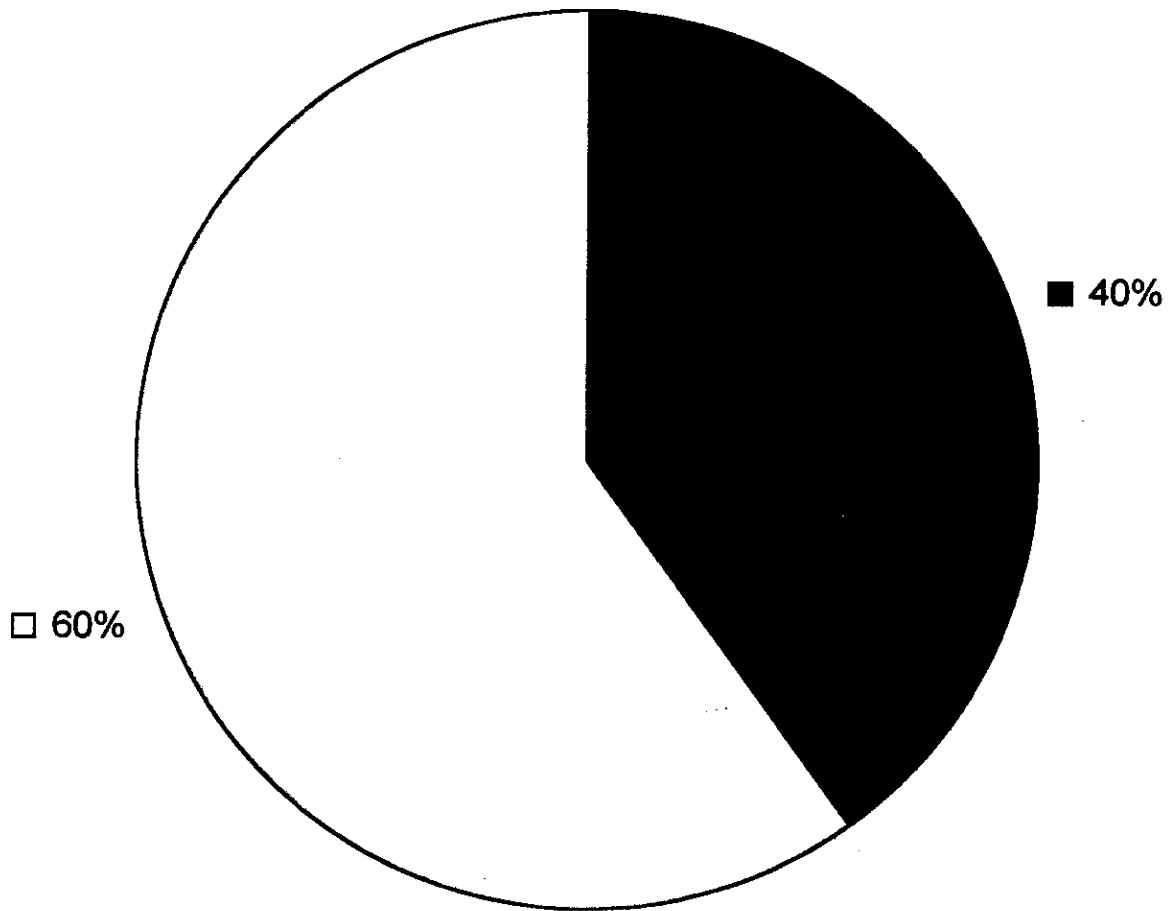
PORCENTAJE DE PERSONAS A QUIENES LES GUSTO LA CERVEZA FABRICADA CON AMARANTO OSCURO GERMINADO



■ Si □ No

GRAFICA #28

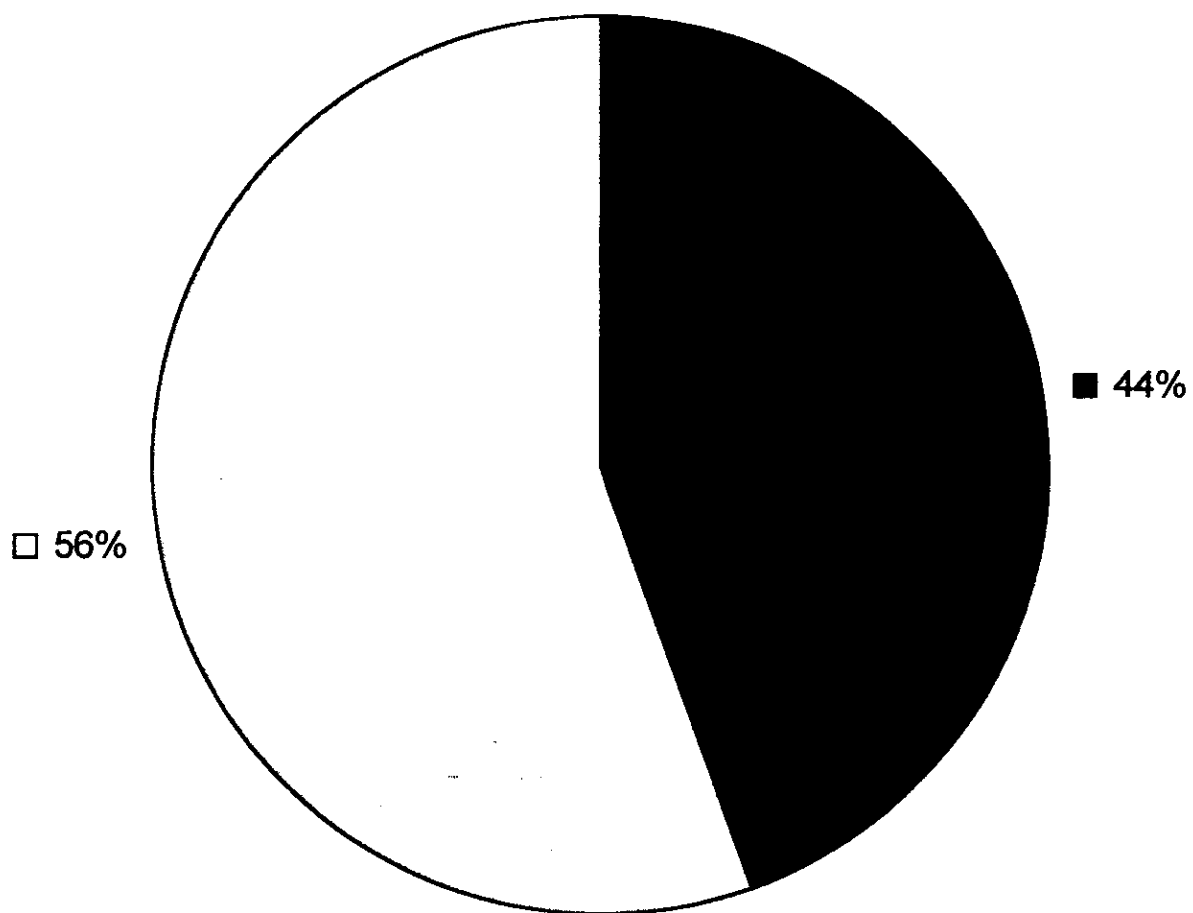
PORCENTAJE DE PERSONAS A QUIENES LES GUSTO LA CERVEZA FABRICADA CON AMARANTO CLARO GERMINADO



■ Si □ No

GRAFICA #29

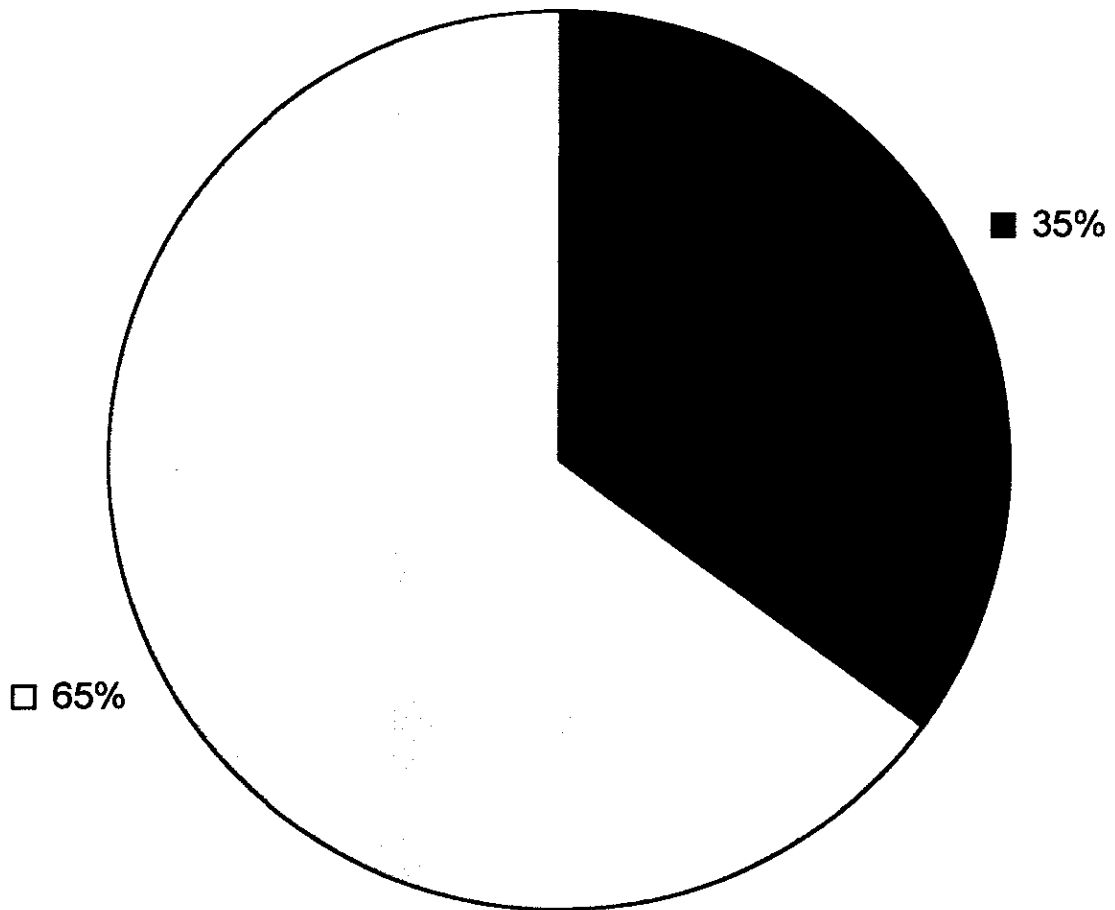
**PORCENTAJE DE PERSONAS A QUIENES LES
GUSTO LA CERVEZA FABRICADA CON
AMARANTO OSCURO NIXTAMALIZADO**



■ Si □ No

GRAFICA #30

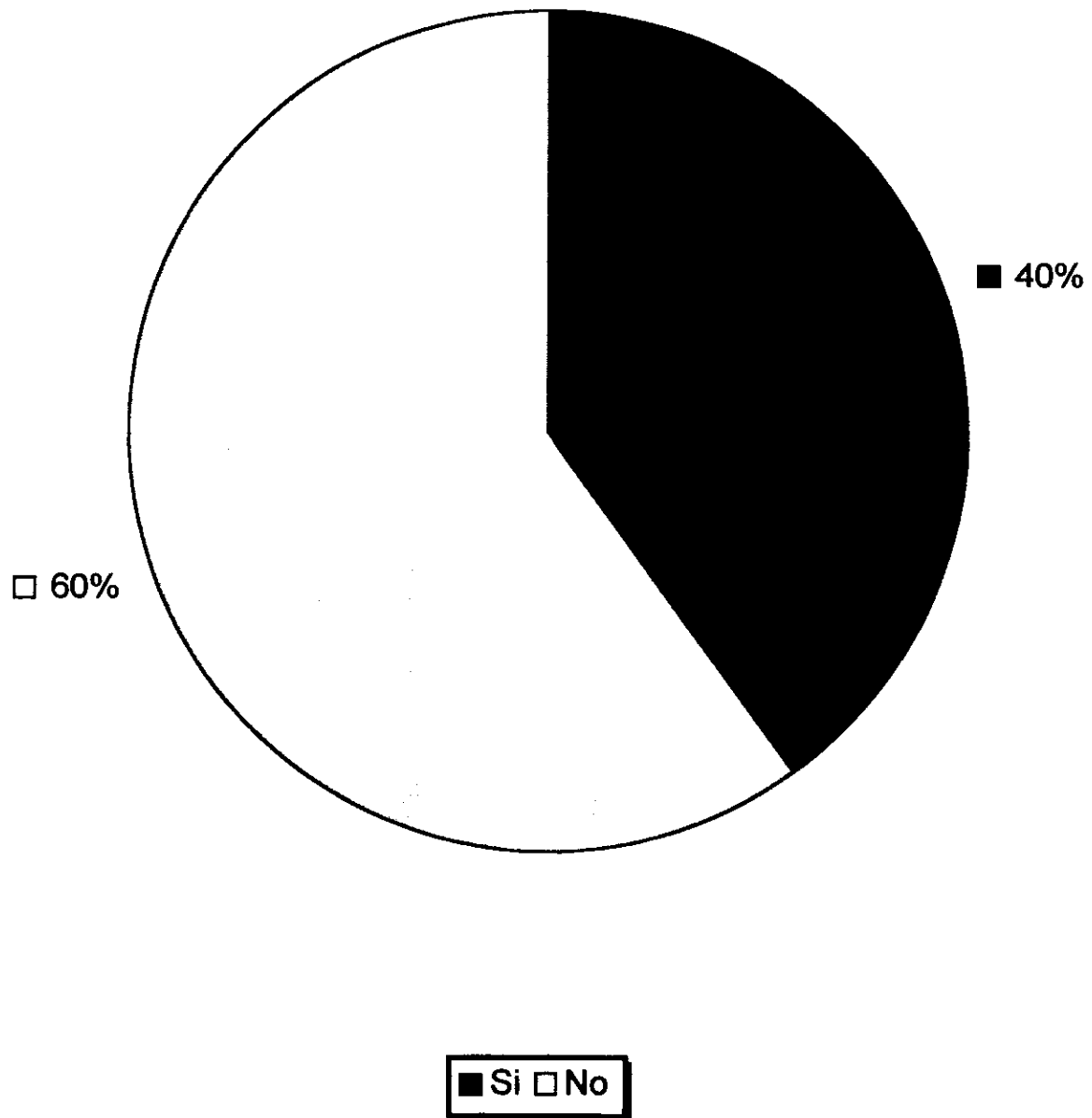
**PORCENTAJE DE PERSONAS A QUIENES LES
GUSTO LA CERVEZA FABRICADA CON
AMARANTO CLARO NIXTAMALIZADO**



■ Si □ No

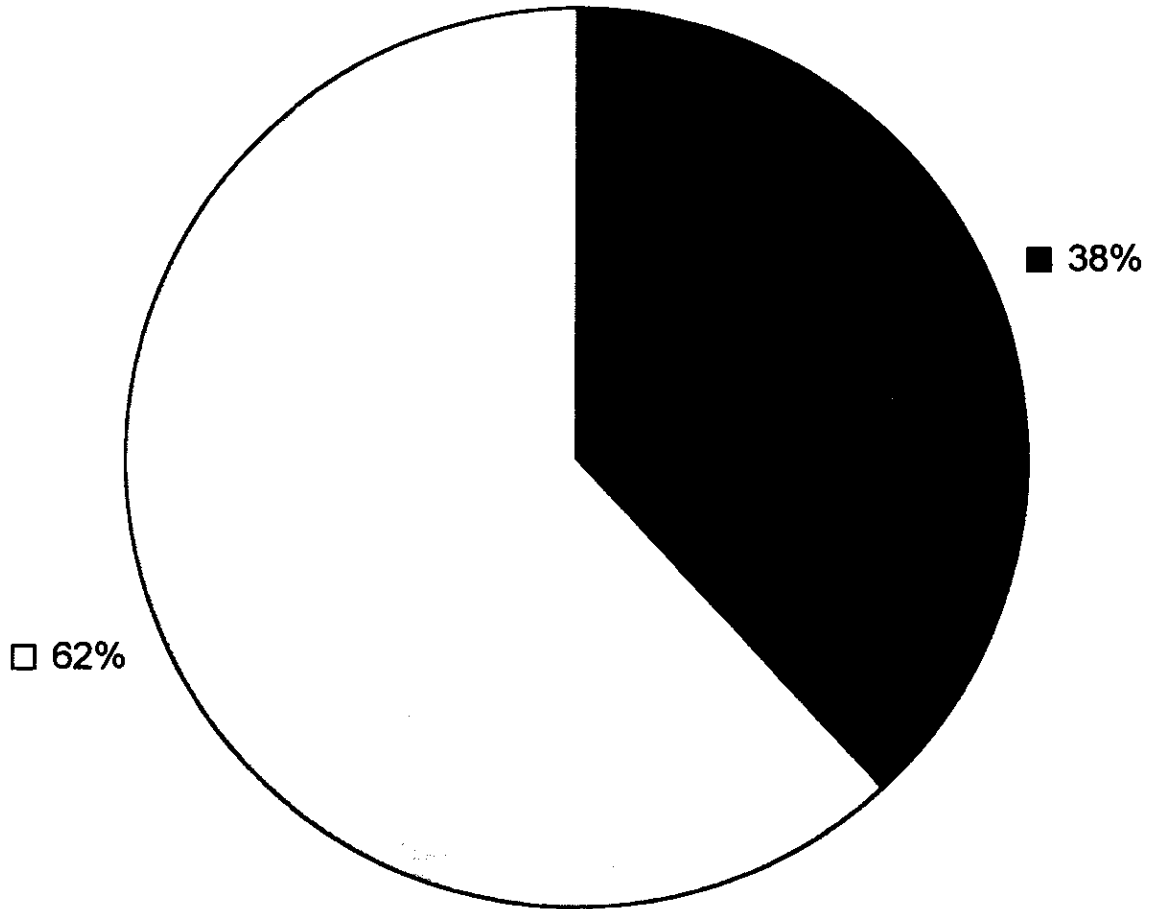
GRAFICA #31

PORCENTAJE DE PERSONAS A QUIENES LES GUSTO LA CERVEZA FABRICADA CON AMARANTO CLARO PERLADO



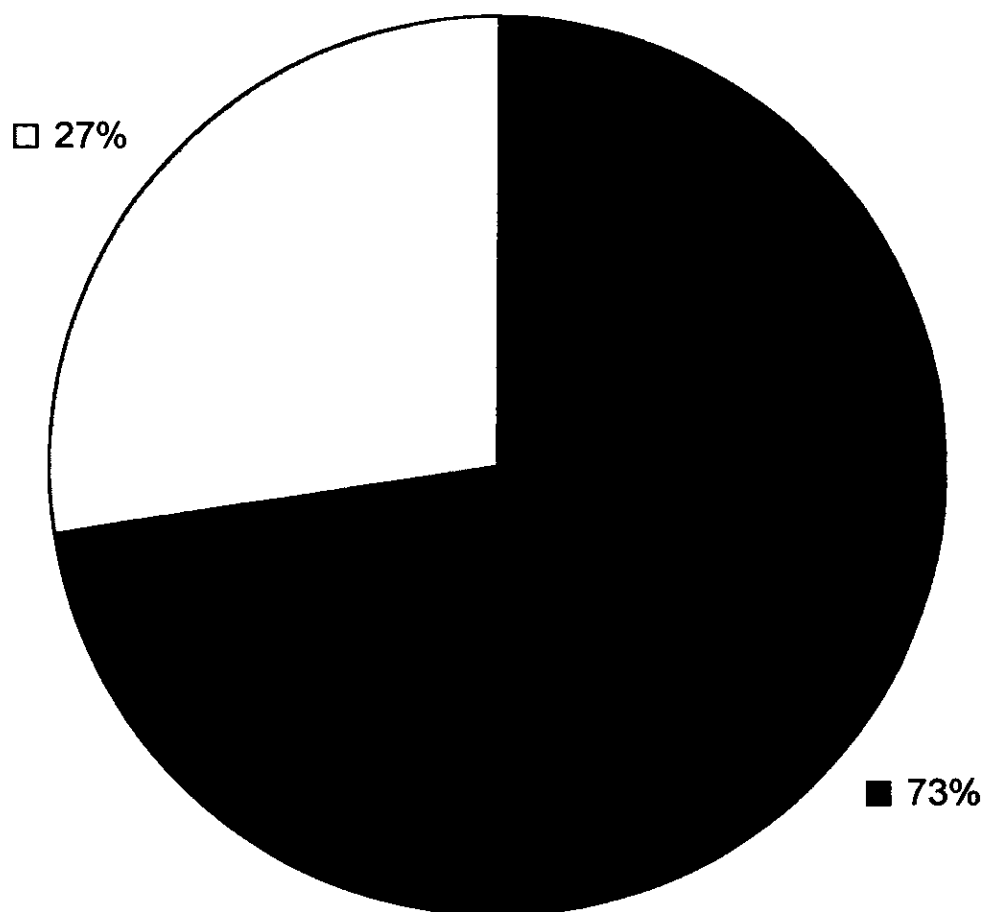
GRAFICA #32

PORCENTAJE DE PERSONAS A QUIENES LES GUSTO LA CERVEZA FABRICADA CON ARROZ (CONTROL)



■ Si □ No

GRAFICA #33

PORCENTAJE DE PERSONAS A QUIENES
LES GUSTO LA CERVEZA COMERCIAL

■ Si □ No

IX. CONCLUSIONES

1. Los resultados del estudio, indican que el grano de amaranto, tanto de color claro como de color oscuro, puede utilizarse como adjunto en la fabricación de cerveza.
2. En base a las evaluaciones realizadas, no hubo diferencias estadísticamente significativas en la cerveza producida de granos procesados previa su utilización.
3. El grano oscuro expandido, produjo la mejor cerveza con respecto a color, olor y sabor.
4. El amaranto perlado, produjo la mayor cantidad de alcohol y talvez podría ser la forma más atractiva para utilizarlo en esta clase de aplicación.
5. Todas las cervezas, usando amaranto como adjunto, fueron de color claro.
6. No hubo rechazo de las cervezas preparadas de amaranto por parte de los panelistas.

X. RECOMENDACIONES

1. Habiendo demostrado que el amaranto es un adjunto con probabilidad de ser utilizado en la fabricación de cerveza, se recomienda estudiar el proceso en más detalle con sólo una muestra.
2. Evaluar efectos de una mayor cantidad de amaranto en combinación con cebada en la fabricación de cerveza.
3. Conseguir un medio más confiable para la filtración y si es posible, la clarificación de la cerveza, ya que ésto influye mucho en las características organolépticas de la cerveza.
4. Recomendaría llevar a cabo la carbonatación de la cerveza, para poderla comparar con la cerveza comercial. De lo contrario, la comparación no es confiable.
5. Sería recomendable analizar el porcentaje de sólidos, antes de la fermentación para ver qué porcentaje se convierte.
6. La evaluación sensorial, se debe hacer inmediatamente después de fabricada la cerveza, ya que, como toda cerveza, al estar abierta se arruina.
7. Aunque se asumió que el procesamiento previo al grano de amaranto inducía la gelatinización de los almidones, sería recomendable estudiar el grado de gelatinización inducido por cada proceso.
8. Utilizar grano de amaranto sin procesamiento previo, a pesar de que el grano perlado fue usado en crudo.

XI. BIBLIOGRAFIA

- Potter, N. 1978. La Ciencia de los Alimentos. Editorial Edutex, S.A. México. 749pp.
- Desrosier, N. 1989. Elementos de Tecnología de Alimentos. Cia. Editorial Continental, S.A. de C.V. México. 783pp.
- Hulse, J. et.al. 1980. Sorghum and teh Millets: Their Composition and Nutritive Value. Academic Press. Canada.
- William's Brewing. Catalog Highlights. 1983-1992. Box 2195, San Leadro, Ca 94577 U.S.A. Steinkraus, K. 1983. Handbook of Indigenous Fermented Foods. Marcel Dekker, Inc. U.S.A.
- Paredes-López, O. Cárabez-Trejo, A. et al. 1988. Influence of Germination on Physo-chemical Properties of Amaranth Flour and Starch Microscopic Structure. México.
- Colmenares, A. & Bressani, R. 1990. Effect of Germination on the Chemical Composition and Nutritive Value of Amaranth Grain. Cereal Chemistry. Vol 67, No. 6.
- Souci, W., et al. 1989. Food Composition and Nutrition Tables 1989/90. Ed. Deutsche Forschung Sanstalt Fur Lebensmittelchemie, Garching b. Alemania.
- Belitz, H., et al. 1984. Food Chemistry. Springer Verlag New York, U.S.A.
- Paredes-Lopez, O. 1994. Amaranth. Biology, Chemistry and Technology. CRC Press, Inc. U.S.A.
- Bressani, R. 1994. Composition an Nutritional Properties of Amaranth. CRC Press. Edicion O.P. Lopez. pp. 185-205.
- Prescott, S.C & C.G. Dunn. 1949. Brewing in Industrial Microbiology. Chap. 5. 2da. edicion. McGraw-Hill book company, Inc. New York.
- Miller, D. 1994. The Complete Handbook of Home Brewing. 16va. edicion. Garden Way Publishing Book. Storey Communication Inc. Pownal, Vermont, U.S.A.
- Papazian, C. 1991. The Complete Joy of Home Brewing. 2da. edicion. Avon Books, New York. U.S.A.

ANEXOS



TABLA #13: RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LA CERVEZA						
EXPERIMENTAL						
Tratamiento	Tipograno	Repet.	Visc. antes	Dens. antes	pH	Viscosidad
Expandido	Claro	1	1.5018	1.047	4.3	1.5234
		2	1.76625337	1.044	4.3	1.54843265
		3	1.8249	1.0417	4.4	1.56770252
	Oscuro	1	1.407	1.0398	4.3	1.5009
		2	1.92193829	1.043	4.4	1.71127572
		3	1.8053	1.04495	4.3	1.35518701
	Arroz	1	1.5822	1.0501	4.1	1.584
		2	1.63031601	1.044	4.4	1.57185388
		3	1.8986	1.0459	4.1	1.46471523
Germinado	Claro	1	1.86809586	1.04348907	4.4	1.30004089
		2	2.02242598	1.04223413	4.4	1.60359759
	Oscuro	1	2.08029954	1.0602892	4.3	1.3644355
		2	1.96709254	1.03957288	4.3	1.75776377
	Arroz	1	2.01632655	1.04055293	4.2	1.54955047
		2	2.17353222	1.04726581	4.1	1.62942814
Nixtamalizado	Claro	1	1.91697856	1.0418768	4.5	1.69626781
		2	1.92101283	1.04330308	4.5	1.78378889
	Oscuro	1	1.95420157	1.03890871	4.4	1.4879049
		2	1.96917506	1.04073737	4.4	1.53728348
	Arroz	1	2.05199262	1.04480506	4	1.66216028
		2	2.10489964	1.04485287	4	1.95799633
Cocido	Perlado	1	1.85281111	1.03849001	4.4	1.74535774
		2	1.8002085	1.0379281	4.4	1.83062713
	Arroz	1	1.82763268	1.04508944	4	1.68507635
		2	1.80224089	1.04744866	4	1.82418561
GALLO	pH= 4.4					
	sólidos= 0.38					
	g.e.= 0.9938					
	visc= 1.6750					
	acidez= 0.3%ac.lact.					
	% alc= 5					

TABLA #14: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANALISIS SENSORIAL REFERENTE AL OLOR, COLOR Y SABOR QUE MAS GUSTO

COLOR QUE MAS GUSTO

	TRATAMIENTO			
	1	2	3	4
GRANO	1	2	3	4
GALLO 0	17	10	9	9
CLARO 1	2	4	4	
OSCURO 2	9	5	3	
ARROZ 3	4	1	4	9
PERLADO 4				2

OLOR QUE MAS GUSTO

	TRATAMIENTO			
	1	2	3	4
GRANO	1	2	3	4
GALLO 0	15	15	14	12
CLARO 1	5	4	1	
OSCURO 2	9	0	0	
ARROZ 3	3	1	5	3
PERLADO 4				5

SABOR QUE GUSTO MAS

	TRATAMIENTO			
	1	2	3	4
GRANO	1	2	3	4
GALLO 0	22	12	10	7
CLARO 1	3	2	5	
OSCURO 2	5	4	1	
ARROZ 3	2	2	4	3
PERLADO 4				10

DONDE: 1: EXPANDIDO

2: GERMINADO

3: NIXTAMALIZADO

4: PERLADO

ANALISIS ESTADISTICO, Xi CUADRADO:

I. COLOR QUE MAS GUSTO:

Ho: T1=T2=T3=....

Ha: T1=T2=T3=.....

a. Entre tratamientos: (tomando en cuenta la cerveza comercial)

Ho= f1=f2=f3....

Ha= no son iguales

Expandido:	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
fo		8	81
	17	8	36
	2	8	1
	9	8	16
	4		16.75

Xi² teorico (alfa=0.05, gl=3) = 7.815 por lo que acepto Ha

Germinado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
	10	5	25
	4	5	1
	5	5	0
	1		5.2

Xi² teorico = 7.815 por lo que acepto Ho

Nixtamalizado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
	9	5	16
	4	5	1
	3	5	4
	4	5	1
			4.4

Xi²teorico = 7.815, por lo que acepto Ho.

Perlado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
	9	6.66666667	5.44444444
	9	6.66666667	5.44444444
	2	6.66666667	21.7777778
			4.9

Xi² = 5.99, por lo que se acepta Ho

III. OLOR QUE MAS GUSTO

a. Entre Tratamientos:

Expandido:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
15	8	49	6.125
5	8	9	1.125
9	8	1	0.125
3	8	25	3.125
			10.5

χ^2 teorico = 7.815, por lo que rechazo Ho.

Germinado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
15	5	100	20
4	5	1	0.2
0	5	25	5
1	5	16	3.2
			28.4

χ^2 teorico = 7.815, por lo que rechazo Ho.

Nixtamalizado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
14	5	81	16.2
1	5	16	3.2
0	5	25	5
5	5	0	0
			24.4

χ^2 teorico = 7.815, por lo que rechazo Ho.

Perlado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
12	6.66666667	28.4444444	4.26666667
3	6.66666667	13.4444444	2.01666667
5	6.66666667	2.77777778	0.41666667
			6.7

χ^2 teórico = 5.99, por lo que rechazo Ho.

V. SABOR QUE MAS GUSTO:

a. Entre Tratamientos

Expandido:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe	
	22	8	196	24.5
	3	8	25	3.125
	5	8	9	1.125
	2	8	36	4.5
				33.25

χ^2 teorico = 7.815, por lo que rechazo H_0 .

Germinado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe	
	12	5	49	9.8
	2	5	9	1.8
	4	5	1	0.2
	2	5	9	1.8
				13.6

χ^2 teorico = 7.815, por lo que rechazo H_0 .

Nixtamalizado

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe	
	10	5	25	5
	5	5	0	0
	1	5	16	3.2
	4	5	1	0.2
				8.4

χ^2 teorico = 7.815, por lo que rechazo H_0 .

Perlado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe	
		5	4	0.8
	7	5	4	0.8
	3	5	25	5
	10			6.6

χ^2 teorico = 5.99, por lo que se rechaza H_0 .

I. COLOR QUE MAS GUSTO

a. Entre tratamientos: (sin tomar en cuenta la cerveza comercial)

Expandido:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
	2	5	9
	9	5	16
	4	5	1
			5.2

 χ^2 teorico = 5.99, por lo que se acepta H_0 .

Germinado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
4	3.33333333	0.44444444	0.13333333
5	3.33	2.7889	0.83750751
1	3.33	5.4289	1.6303003
			2.60114114

 χ^2 teorico = 5.99, por lo que acepto H_0 .

Nixtamalizado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
4	3.66666667	0.11111111	0.03030303
3	3.66666667	0.44444444	0.12121212
4	3.66666667	0.11111111	0.03030303
			0.18181818

 χ^2 teorico = 5.99, por lo que acepto H_0 .

Perlado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
9	5.5	12.25	2.22727273
2	5.5	12.25	2.22727273
			4.45454545

 χ^2 teorico = 3.84, por lo que se rechaza H_0 .

II. OLOR QUE MAS GUSTO

a. Entre tratamientos:

Expandido:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
5	5.66666667	0.44444444	0.07843137
9	5.66666667	11.11111111	1.96078431
3	5.66666667	7.11111111	1.25490196
			3.29411765

$\chi^2 = 5.99$, por lo que se acepta H_0 .

Germinado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
4	1.66666667	5.44444444	3.26666667
0	1.66666667	2.77777778	1.66666667
1	1.66666667	0.44444444	0.26666667
			5.2

$\chi^2 = 5.99$, por lo que se acepta H_0 .

Nixtamalizado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
1	2	1	0.5
0	2	4	2
5	2	9	4.5
			7

$\chi^2 = 5.99$, por lo que se rechaza H_0 .

Periado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
3	4	1	0.25
5	4	1	0.25
			0.5

$\chi^2 = 3.84$, por lo que acepto H_0 .

III. SABOR QUE MAS GUSTO

a. Segun tratamiento:

Expandido:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
3	3.33333333	0.11111111	0.03333333

5	3.33333333	2.77777778	0.83333333
2	3.33333333	1.77777778	0.53333333
			1.4

$\chi^2 = 5.99$, por lo que se acepta H_0 .

Germinado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
2	2.66666667	0.44444444	0.16666667
4	2.66666667	1.77777778	0.66666667
2	2.66666667	0.44444444	0.16666667
			1

$\chi^2 = 5.99$, por lo que se acepta H_0 .

Nixtamalizado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
5	3.33333333	2.77777778	0.83333333
1	3.33333333	5.44444444	1.63333333
4	3.33333333	0.44444444	0.13333333
			2.6

$\chi^2 = 5.99$, por lo que acepto H_0 .

Perlado:

fo	fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
3	6.5	12.25	1.88461538
10	6.5	12.25	1.88461538
			3.76923077

$\chi^2 = 3.84$, por lo que acepto H_0 .