

APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO CERVECERO PARA LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA BLONDE ALE Y STOUT

USE OF BREWING BAGASSE FOR THE PRODUCTION OF BLONDE ALE AND STOUT BEER

QUISPE VARGAS, J.R., ÁLVAREZ DÍAZ, T. G

RESUMEN

El aprovechamiento del bagazo cervecero para producir con este subproducto los estilos de cerveza artesanal Blonde Ale y Stout. El bagazo es uno de los residuos que más se genera actualmente en la producción de cerveza artesanal. Al mismo tiempo, este subproducto es descartado sin ninguno uso o aprovechamiento del mismo, de este modo se desperdicia todo el potencial que tiene el bagazo cervecero para su reinserción en la producción de nuevos productos con valor agregado. En el inicio realizó un estudio del bagazo cervecero que se genera en una planta de cerveza artesanal y se determina las características fisicoquímicas de este subproducto, de este modo se estableció el potencial del bagazo de cerveza como materia prima para la producción de cerveza con bagazo cervecero. Posteriormente se realizaron pruebas experimentales de maceración y fermentación del bagazo cervecero, el cual deja como resultado la generación de alcohol por parte de este subproducto. Se desarrolló el diseño experimental con diferentes dosificaciones de bagazo cervecero para la producción de cerveza de los estilos Blonde Ale y Stout.

PALABRAS CLAVE

Bagazo Cervecero,
Subproducto Aprovechamiento,
Cerveza artesanal.

ABSTRACT

The use of brewing bagasse to produce styles of Blonde Ale and Stout craft beer with this by-product. Bagasse is one of the waste that is currently generated the most in the production of craft beer. At the same time, this by-product is discarded without any use or exploitation, thus wasting all the potential that beer bagasse has for its reinserition in the production of new value-added products. At the beginning, a study was carried out on the brewing bagasse that is generated in a craft beer plant and the physicochemical characteristics of this by-product were determined, thus establishing the potential of beer bagasse as a raw material for the production of beer with brewing bagasse. Subsequently, experimental tests of maceration and fermentation of the beer bagasse were carried out, which leaves as a result the generation of alcohol by this by-product. The experimental design was developed with different dosages of beer bagasse for the production of Blonde Ale and Stout beer styles.

KEYWORDS

Beer Bagasse,
By-product Utilization,
Beer Artesanal

INTRODUCCIÓN

La fabricación de la cerveza está ligada a una sucesión de tres procesos bioquímicos: la formación de enzimas en el grano de cereal germinante, la degradación de almidón a azúcar justamente por parte de esas enzimas y, a continuación, la fermentación del azúcar a alcohol y CO_2 . Estos procesos y su resultado embriagante son conocidos por la humanidad ya desde hace miles de años, sin que se reconociera de primera intención cómo estaban relacionados y su control, (KUNSE, 2006, pág. 21).

La cerveza es una bebida fermentada alcohólica que se prepara con cereales, lúpulo, levadura y agua cuyo uso se remonta desde la antigüedad. El origen de la cerveza data de 4 mil a.C. en la zona de Mesopotamia del oriente medio, (KUNSE, 2006). La evidencia más antigua es de una tablilla en la que se observan varias personas tomando cerveza de un mismo recipiente. Los babilonios heredaron de ellos las tareas del cultivo de la tierra y la elaboración de cerveza en una tabla de arcilla la cual explica su fórmula de elaboración, (ARGENTINA, M. D., 2016).

Para la elaboración de una cerveza artesanal hoy en día se tiene cuatro materias primas las cuales son: Agua, Malta, Lúpulo y Levadura.

La producción de la cerveza artesanal Blonde Ale, Cerveza rubia, y Stout, Cerveza negra, tienen como subproducto del proceso de maceración el bagazo de cerveza, mismo que es desechado una vez acabado el trasvase del mosto, de la olla de maceración a la olla de cocción. En cada producción se utiliza 1,1 kg de malta y 6,2 litros de agua, este empaste depende del estilo a producir. Una vez macerado, el peso aproximado de bagazo cervecero es un 10% del peso de malta inicial. Posteriormente este residuo es descartado sin ninguna utilidad posterior.

El uso de este subproducto cervecero generado tendría un impacto positivo para la recuperación de una cantidad considerable de azúcares fermentables que no se logró extraer completamente en el proceso de maceración, es decir, un impacto directo sobre el aspecto económico.

Aprovecharlo es el puntapié inicial para encarar el desarrollo de procesos encaminados hacia una producción cervecera sostenible, que derive en el aprovechamiento de bagazo “desechado” y en la generación de productos con valor agregado. Por el contrario, no aprovecharlo conduce hacia la pérdida de una oportunidad de reducir costos y materias primas para la producción de cerveza artesanal.

Se pretende demostrar que el bagazo cervecero puede ser utilizado para la producción de cerveza artesanal con características similares a los estilos Blonde Ale y Stout.

MÉTODOS Y MATERIALES

Determinación las propiedades fisicoquímicas del bagazo de cerveza

Este subproducto de la industria cervecera resultante del proceso de prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cereal malteado (cebada básicamente). Es un producto húmedo, cuyo contenido en materia seca es de un 20-25%. No se observan diferencias significativas en la composición química correlacionadas con el contenido de materia seca, aunque ésta es variable. En el mercado recibe otros nombres, como el de cebadilla de cerveza, y es el término equivalente a lo que el mundo anglosajón conoce como “wet brewers’s grains”.

El bagazo de cerveza es un subproducto rico en proteína, siendo su contenido proteico medio de un 24-26% sobre materia seca. El extracto etéreo representa un 8%. Es un subproducto rico también en fibra, con un contenido en FND del 53% y en FAD del 27%, aunque se trata de una fibra muy poco efectiva (18%). El contenido en lignina es de un 4% y el de cenizas de un 4%. El contenido en energía metabolizable de este subproducto es

de 2,86 Mcal/kg. La degradabilidad efectiva de la proteína es baja (50%), siendo la velocidad de degradación de un 7%/h. Se trata pues de un alimento de elevado contenido proteico, siendo ésta una proteína que escapa, en buena parte, de la degradación ruminal.

La determinación de humedad se basó en el procedimiento NREL/TP-510-42621. La muestra fue analizada tal cual fue suministrada por la planta de cerveza, es decir, sin previa preparación. Se midieron alrededor de 30 g de muestra en un crisol de porcelana, libre de humedad, y éste se colocó en la mufla a 105 ± 3 °C por 14 horas.

Se determinó el contenido pH de la muestra a estudiar por el método de potenciometría.

La metodología para la determinación del contenido de lignina del bagazo cervecero se basó en la norma ASTM D 1106-96 (2001). Se mezcló 1 g de muestra seca libre de extraíbles totales con 15 ml de H_2SO_4 al 72% y a 13 °C en un vaso de precipitado. Se agitó la mezcla a 400 rpm durante 1 min y a 200 rpm durante 2 h, manteniéndose a una temperatura de 19 °C. A continuación, se trasvasó la mezcla a un matraz Erlenmeyer de 1 litro y se añadieron 560 ml de agua destilada para lograr una dilución del ácido al 3%. Después, se realizó el montaje de un equipo de reflujo, en el cual el contenido del matraz se llevó a ebullición durante 4 horas.

La determinación del contenido de holocelulosa se basó en la norma ASTM D1104-56 (1978). En un matraz Erlenmeyer se agregaron 2 g de bagazo cervecero libre de humedad y extraíbles totales, 150 ml de agua destilada, 0.2 ml de ácido acético a 15 °C y 1 g de clorito sódico. A continuación, se colocó el matraz con tapa en un baño de agua a 75 °C durante 5 h, con agitación constante. Cada hora fueron añadidos 0.22 ml de ácido acético a 15 °C y 1 g de clorito sódico. Al finalizar las 5 h, se colocó el matraz en un baño de agua fría hasta alcanzar los 10 °C. Enseguida, se filtró el contenido del matraz en un embudo Büchner con un papel filtro N° 3 libre de humedad y de masa conocida. Se realizó un lavado con 500 ml de agua fría hasta que la muestra perdió la coloración amarilla. Por último, el papel filtro y la muestra fueron secados en la mufla a 105 °C por 4 horas.

Se determinó el contenido de celulosa en base a la metodología Rowell. En un matraz Erlenmeyer se añadieron 2 g de holocelulosa seca y 10 ml de NaOH al 17.5% a 20 °C y se dejó reposar durante 5 min a una temperatura controlada de 20 °C. Se añadieron 5 ml de NaOH al 17.5% a 20 °C en intervalos de 5 minutos, resultando en 25 ml de NaOH totales. Después de añadir los últimos 5 ml de NaOH, la mezcla se dejó reposar por 30 min a 20 °C. A continuación, se añadieron 33 ml de agua desionizada a 20 °C y se dejó reposar por 60 min. Concluido el total de 105 min, desde el inicio del proceso, la mezcla se filtró en un embudo Büchner. Se utilizó un papel filtro No. 3 seco y de masa conocida. El residuo fue lavado en el orden siguiente: con 100 ml de NaOH al 8.3%, agua desionizada a 20 °C, 15 ml de ácido acético al 10% y agua hasta alcanzar un pH neutro. El residuo junto con el papel fue secado en la mufla a 105 °C por 4 horas.

El contenido de hemicelulosa se calculó por diferencia.

Maceración y Fermentación con el bagazo de cerveza para la determinación de azúcares fermentables.

El bagazo representa una oportunidad para reinsertar en un proceso productivo, un nuevo insumo de tipo renovable en detrimento del uso de materiales de fuentes no renovables o de impacto ambiental negativo. Por esta razón, es importante la utilización de bagazo como insumo para elaborar una cerveza a partir de este insumo. (QUISPE, 2021).

Con el objeto de utilizar el bagazo cervecero en la producción de cerveza artesanal es importante saber si este cuenta con

azúcares fermentables o azúcares residuales totales, ART, conocer cuál es su comportamiento en el proceso de maceración y en el proceso de fermentación y, por último, determinar cuánto alcohol puede llegar a producir una fermentación con el mosto de bagazo.

Al utilizar bagazo cervecero en la elaboración de cerveza artesanal, resulta fundamental identificar aquellos azúcares fermentables que no fueron extraídos durante el proceso de maceración.

Para determinar la cantidad de azúcar presente en el bagazo se optó por comprobar la presencia de azúcar por medio de la fermentación del bagazo. De modo que la diferencia de densidad inicial y final permitió determinar cuánto alcohol se produjo.

De este modo se utilizó el bagazo recolectado para la maceración con una formulación del 100% de la misma.

El proceso general para la elaboración de la cerveza se muestra en la figura 1.



Figura 1. Proceso general para la preparación de la cerveza.

El bagazo cervecero húmedo se pesó, estableciéndose las siguientes condiciones para la maceración: Bagazo 4,26 kg, empaste 3,50 l/kg. Se añadieron 15 litros de agua con pH de 5,5 a una temperatura de 65 °C. Se maceró el bagazo a esta temperatura debido a que la beta-amilasa es inestable, y durante la maceración es gradualmente destruida por el calor. Esta enzima trabaja muy bien a la temperatura de 65 °C, pero muere a la temperatura de 68 °C. El tiempo de maceración fue de 1 hora.

Se realizó el filtrado, que es el proceso donde el “mosto de bagazo” o “mosto lavado”, recirculó hasta conseguir sea clarificado y sea menos turbio. Terminada la etapa de recirculado se realizó el trasvase a la olla de cocción, añadiéndose al mismo tiempo 11 litros de agua que corresponde al 55% de la cantidad que se quiere producir a una temperatura de 75 °C.

Este proceso es muy importante ya que se aprovecha las altas temperaturas para matar los microorganismos que pudieran existir en el mosto proveniente del proceso de maceración. A este proceso se le atribuye una de las mayores pérdidas en la producción ya que se evapora una cantidad pequeña de mosto de cerveza.

En la olla de cocción se encontraban el residuo de los lúpulos y el clarificante de la primera producción, los cuales se aprovecharon para lavarlos y adquirir sus propiedades de aroma y amargor. Terminado el trasvase se elevó la temperatura hasta que el mosto de bagazo rompió el hervor y se mantuvo a esa temperatura por 30 minutos. Durante todo el proceso de cocción se removió el caldo para que la conducción de calor se distribuya

uniformemente. Finalizado el tiempo de cocción, se realizó el Whirlpool y dejó reposar hasta que los sólidos decantaron. Del mismo modo también se esperó a que enfrié el mosto de modo que se pudiera pasar a la etapa de fermentación.

El mosto de bagazo ingresó a la cuba de fermentación. La temperatura ideal de ingreso del mosto debe ser menor a 30 °C, ya que la levadura trabaja en óptimas condiciones a esta temperatura. Se dejó que la levadura se alimente de los azúcares que se encuentran en el mosto de bagazo. La duración de la fermentación depende de la curva de fermentación en función al tiempo, generalmente son 7 días y la densidad de la solución es baja.

Desarrollo experimental para la dosificación de bagazo cervecero en la elaboración de cerveza artesanal.

Con base de 10 litros aproximados de cerveza estilo Blonde Ale, se dosificaron materias primas para cada una de las tres dosificaciones malta/bagazo: 50/50, 60/40, 70/30, como se indica en la tabla 1. A continuación, se determinó el empate requerido.

Tabla 1. Cantidad de la malta y bagazo cervecero para las 3 dosificaciones Blonde Ale

Dosificación	50/50	%	60/40	%	70/30	%
Malta Pilsen, g	1066,07	50	1279,29	60	1492,50	70
Malta caramelo, g	5,36		6,43		7,50	
Bagazo de cerveza, g	1071,43	50	857,14	40	642,86	30
Total, Malta, g	2142,86	100	2142,86	100	2142,86	100
Lúpulo Cascade, g	7,65		7,65		7,65	
Lúpulo Citra, g	2,82		2,82		2,82	
Levadura, g	5,00		5,00		5,00	
Agua, l	13,00		13,00		13,00	
Clarificante, Iris moss, g	1,50		1,50		1,50	
Dextrosa, g	80,00		80,00		80,00	

Los fermentados se dejaron reposar a la temperatura adecuada de la levadura en un lugar oscuro por siete días.

Culminados los siete días de fermentación primaria, se trasvasó la cerveza a un recipiente, dejando las levaduras en el fondo del fermentador para su carbonatación con dextrosa. Se envasó en botellas de 330 ml mediante un dispensador, las mismas que fueron tapadas herméticamente para dejarlas reposar por cinco días a temperatura ambiente. En el tiempo determinado las levaduras que quedaron en suspensión consumieron la dextrosa produciendo la carbonatación.

En el caso de la cerveza estilo Stout se requirieron 5 tipos de maltas: malta pilsen, malta caramelo, malta negra, malta de trigo y malta de chocolate. Las maltas que se adicionan le dan el color característico de la cerveza negra. Para este diseño experimental se decidió tomar como porcentaje base y máximo de materia prima el bagazo cervecero en un 50 %. Las dos siguientes dosificaciones tuvieron un porcentaje menor, 40% y 30% de adición del bagazo cervecero. Esto con el fin de tener mayor diferencia en los resultados de cada una de las dosificaciones. La materia prima e insumos que se requirieron para la producción de la cerveza artesanal estilo Stout se detalla en la tabla 2.

Tabla 2. Materia prima e insumos para las 3 dosificaciones Stout

	Dosificación		
	50/50 (%)	60/40 (%)	70/30 (%)
Malta pilsen, g	964,29 (50)	1157,14 (60)	1350,00 (70)
Malta caramelo, g	21,43	25,71	30,00
Malta negra, g	21,43	25,71	30,00
Malta de trigo, g	42,86	51,43	60,00
Malta chocolate, g	21,43	25,71	30,00
Bagazo de cerveza, g	1071,43 (50)	857,14 (40)	642,86 (30)
Total, Malta, g	2142,86 (100)	2142,86 (100)	2142,86 (100)
Lúpulo Cascade, g	7,65	7,65	7,65
Lúpulo Citra, g	2,82	2,82	2,82
Levadura, g	5,00	5,00	5,00
Agua, l	13,00	13,00	13,00
Clarificante, Iris moss, g	1,50	1,50	1,50
Dextrosa, g	80,00	80,00	80,00

Para comenzar el proceso de maceración se realizó el pesado de la malta y el bagazo cervecero para las tres producciones de cerveza estilo Stout, cada producción con una diferente dosificación del bagazo cervecero. Para la maceración, los cereales se introdujeron en una cuba y se les añadió agua previamente acidificada hasta un pH de 5,5. El empaste debió ser macerado elevando de forma gradual su temperatura en distintos tiempos.

Concluida la maceración se procedió a filtrar la mezcla a través de la recirculación, obteniéndose un mosto más claro, ayudando así a obtener una cama de bagazo uniforme.

Posteriormente se realizó el lavado del grano con agua caliente a medida que el mosto se dirigía al otro recipiente donde se realizó la cocción. Para este proceso se añadió el 55% de volumen de agua que se fue mezclando con el mosto que aún se encontraba en el recipiente de maceración, llegando a aumentar hasta el 70% de su humedad aproximadamente debido a la absorción.

Concluida la etapa de filtración, el mosto se llevó a ebullición durante 90 minutos, con el objetivo es inactivar las enzimas y concentrar el mosto. En este proceso se añadieron los lúpulos de amargor y aroma. Pasado los 15 minutos de inicio de la ebullición se añadió el lúpulo de amargor denominado Cascade a 7,3 % AA. Posteriormente se añadió el clarificante Irish moss y, finalmente, 15 minutos antes de concluir el proceso de cocción, se añadió el lúpulo aromático lúpulo victoria a 11,6 %AA. En el proceso de cocción se debió generar un remolino que tiene la finalidad de ayudar a la precipitación de las proteína y restos de lúpulos. Terminado el tiempo de cocción se realizó el Whirlpool y se dejó reposar hasta que los sólidos decantaron. Del mismo modo también se esperó a que enfrié el mosto para que pudiera pasar a la etapa de fermentación.

El mosto de bagazo que se encontraba en la olla de maceración pasó por el serpentín para, posteriormente, ingresar a la cuba de fermentación. La temperatura ideal de ingreso del mosto debe ser menor a 30 °C. El mosto ya enfriado pasó a los recipientes donde se realizó la fermentación. Se requirió de una cantidad de levadura por litro de mosto obtenido para fermentar y que se reproducen en el proceso, llegando a incrementar su cantidad y generando alcohol y CO₂. Se dejó que la levadura se alimentase de los azúcares que se encontraban en el mosto de bagazo. La inoculación de las levaduras se realizó al mosto, posteriormente fue tapado con el airlock. Los fermentados se dejaron reposar a la temperatura adecuada en un lugar oscuro por siete días. Culminados los siete días de fermentación primaria se trasladó la cerveza a un recipiente, dejando las levaduras en el fondo del fermentador para su carbonatación con dextrosa. Se envasó en botellas de 330 ml mediante un dispensador, las mismas que

fueron tapadas herméticamente para dejarlas reposar por cinco días a temperatura ambiente.

Para la elaboración de un análisis sensorial se tomó una muestra de 20 personas para que se realice la cata de la cerveza. Se consideraron tres puntos importantes en el análisis sensorial:

Color y Apariencia
Aroma
Sabor

Para la realización de la cata de cerveza se realizó una encuesta en la que se utilizó una calificación de 1 a 5 donde se consideró la fase visual, olfativa y gustativa. Para la fase visual se calificó la intensidad de color y transparencia; para la fase olfativa se calificó la intensidad del aroma y en la fase gustativa se consideró la textura en la boca y la persistencia. Para la cata de la cerveza se tuvo una muestra testigo de la cerveza que es 100% malta para la comparación con las demás dosificaciones.

RESULTADOS

La tabla 3 reporta los resultados de la composición del bagazo cervecero.

Tabla 3. Resultados experimentales del análisis del bagazo cervecero

Componente	Porcentaje
Humedad, %	73,74
pH	4,28
Lignina, %	17,13
Holocelulosa, %	63,97
Celulosa, %	26,80
Hemicelulos, %	37,37

En la tabla 4 se indican los valores de los controles de las variables de cada etapa de la fermentación del bagazo puro.

Tabla 4. El control de las variables en cada etapa de la fermentación del bagazo puro

	°Brix	pH	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)
Maceración	0	5,44	74	1
Filtrado	0	5,80	48	1,0060
Cocción	0	5,60	22	1,0050
Fermentación	0	4,20	22	0,9900

La figura 2 muestra la curva de fermentación en función de la densidad para el proceso con bagazo puro

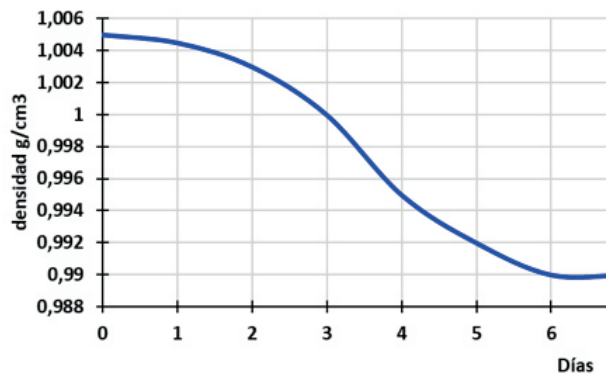


Figura 2. Curva de fermentación del bagazo puro

En la tabla 5 se señalan los valores de los controles de las variables de cada etapa de la producción cerveza artesanal

estilo Blonde Ale en las tres formulaciones.

Tabla 5. El control de las variables en cada etapa de la producción cerveza artesanal estilo Blonde Ale

Etapa	Relación Malta:Bagazo	°Brix	pH	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)
Maceración	50:50	143,9	5,49	74	1,034
	60:40	15,7	5,58	74	1,039
	70:30	15,4	5,65	74	1,040
Filtrado	50:50	14,8	5,55	50	1,036
	60:40	15,1	5,64	50	1,040
	70:30	15,7	5,82	50	1,050
Cocción	50:50	13,9	6,03	25	1,035
	60:40	14,6	5,54	25	1,038
	70:30	15,0	5,58	25	1,048
Fermentación	50:50	3,9	4,14	22	1,010
	60:40	4,3	4,34	22	1,008
	70:30	4,5	4,74	22	1,017

La figura 3 muestra la curva de fermentación en función de la densidad para la producción cerveza artesanal estilo Blonde Ale para las tres formulaciones.

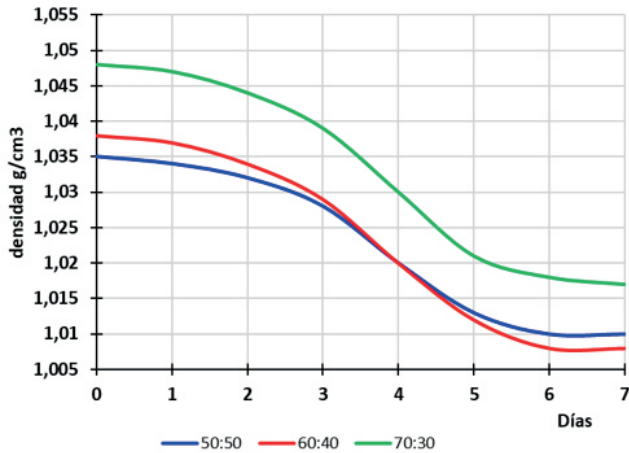


Figura 3. Curva de fermentación de la malta - bagazo para la producción cerveza artesanal estilo Blonde Ale

La tabla 6 indica el vaolr de las variables en cada etapa del proceso.

Tabla 6. El control de las variables en cada etapa de la producción cerveza artesanal estilo Stout

Etapa	Relación Malta:Bagazo	°Brix	pH	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)
Maceración	50:50	14,5	5,96	74	1,0390
	60:40	15,1	5,74	74	1,0460
	70:30	15,9	6,00	74	1,0500

Tabla 6. El control de las variables en cada etapa de la producción cerveza artesanal estilo Stout

Etapa	Relación Malta:Bagazo	°Brix	pH	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)
Filtrado	50:50	14,70	5,55	50	1,0470
	60:40	16,10	5,65	50	1,0460
	70:30	16,40	5,92	50	1,0590
Cocción	50:50	14,30	5,51	25	1,0430
	60:40	15,50	5,61	25	1,0450
	70:30	15,60	5,45	25	1,0550
Fermentación	50:50	3,7	4,66	22	1,017
	60:40	4,4	4,83	22	1,014
	70:30	4,5	4,96	22	1,025

La figura 4 indica la curva de fermentación en función de la densidad para la producción cerveza artesanal estilo Stout para las tres formulaciones.

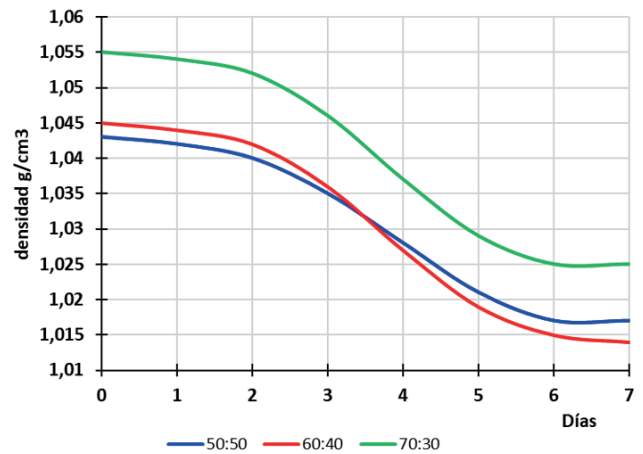


Figura 4. Curva de fermentación de la malta - bagazo para la producción cerveza artesanal estilo Stout

La ecuación sigyiente permite calcular el contenido alcohólico de la cerveza por el cambio de densidad. BEER LAB TEAM, (2020)

$$\% \text{ Alcohol} = (\text{Densidad inicial} - \text{Densidad final}) * 105 * 1,25$$

En la tabla 7 se indican los contenidos alcohólicos de todos los procesos realizados para la obtención de cerveza artesanal.

Tabla 7. Porcentaje de alcohol en la producción de cerveza artesanal

Estilo de cerveza	Malta: Bagazo	Porcentaje de alcohol, %
Blonde Ale	0:100	1.97
	50:50	3.19
	60:40	3.93
Stout	70:30	3.99
	50:50	3.38
	60:40	4.10
	70:30	3.96

En la tabla 8 se reportan los puntajes de aceptación de los diferentes procesos de cerveza artesanal producidos.

Tabla 8. Puntajes de aceptación de las diferentes cervezas artesanal producidas sobre 5 puntos

	Malta: Bagazo	Puntaje de aceptación
Blonde Ale	100:0	3,04
	50:50	3,29
	60:40	3,12
	70:30	3,17
Stout	100:0	3,10
	50:50	2,84
	60:40	3,22
	70:30	3,01

DISCUSIÓN

Analizando el gráfico de la curva de fermentación se puede ver que toma una tendencia semejante a la mayoría de las curvas de fermentación de las producciones de cerveza artesanal. Las levaduras tuvieron una gran actividad a partir del día 2 hasta el día 5, luego la densidad se mantiene constante, indicando que las levaduras ya no tienen actividad.

El análisis sensorial según el análisis de varianza, las diferentes dosificaciones y la muestra testigo muestran una significancia al 5 % de probabilidad, según la prueba de comparación ANOVA, que indica que las muestras son de características similares a la muestra testigo.

Los resultados obtenidos de la prueba fueron comparados con los registrados por diversos autores, que se mencionan en la Tabla 9.

Tabla 9. Comparación de resultados de los análisis del bagazo cervecero con los valores reportados en la literatura.

Autores	Humedad	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa
Zhang & Wang	80,20	13,50	20,20	27,20
Dhillon et al.	65,40	12,40		30,00
Sanna et al.	4,60			
Bochmann et al.	78,90	24,60	23,30	
Machado et al.	70,60		18,50	37,70
Machado et al.	71,10		17,20	38,90
Mathias et al	82,60			
Mahmood et al.		12,61	18,98	33,59
Wilkinson et al.		9,9	19,20	
Mussatto et al.		27,80	16,88	28,40
Russ et al.		7,50	24,00	32,50
Kanauchi et al.		11,86	25,37	
Zhang & Zang		12,81	21,20	28,25
Liguori et al.		3,93	14,42	34,21
Xiros et al.		11,50	12,00	40,20
Klímek et al.		15,80	24,50	23,80
Celus et al.				22,50
Presente trabajo	73,74	17,13	26,80	37,37

Fuente: Moreno, 2017

REFERENCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (1985). D 1104-56. Method of Test for Hollocelulose in Wood.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (2001). D 1106-96. Standard Test Method for Acid-Insoluble Lignin in Wood. West Conshohocken.

ARGENTINA, M. D. (2016). Ministerio de cultura Argentina. Obtenido de https://www.cultura.gob.ar/cronologia-de-la-cerveza_7973/#:text=Su%20origen%20de%20la%20cerveza,cerveza%20de%20un%20mismo%20recipiente.

BEER LAB TEAM. (28 de Febrero de 2020). The beer Lab. Obtenido de <https://beerlab.com.mx/2020/02/28/conceptos-basicos-sobre-cervezaartesanal>

KUNSE, W. (2006). Tecnología para Cerveceros y Malteros. Berlín, Alemania.; VLB Berlin.

MORENO, A. (2017). Caracterización fisicoquímica e hidrólisis del bagazo cervecero para la obtención de azúcares reductores. Mexicali, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.

QUISPE, J. (2021). Propuesta de nuevos estilos de cerveza artesanal para la marca castilla de la EMI UASC. Santa Cruz: UICYT

CITA

