

USO DEL ALMIDÓN DE SORGO (*Sorghum vulgare*) EN LA ELABORACIÓN DE UNA CERVEZA TROPICAL

(*CONTRIBUTION OF SORGHUM (Sorghum vulgare) IN THE PROCESSING OF A TROPICAL BEER*)

Alejandra Betancourt, Gaudy Porte, Gabriel Cravo.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

la_beba_222@hotmail.com / gaudyporte@gmail.com / cravo50@gmail.com.

Recibido: 14-04-2019/ Aceptado: 12-05-2019

RESUMEN

Venezuela se presenta como un escenario con extraordinario potencial para impulsar el empleo del sorgo en la elaboración de cerveza, en primer lugar porque contiene nutrientes que son aprovechados por el ser humano y en segundo lugar por su fácil y rápido acceso, debido particularmente a que se produce en 15 de sus estados, con un grueso de la producción proveniente de los estados llaneros centrales y occidentales por las características agro ecológicas y geográficas, lo que garantiza su rentabilidad en el tiempo, con esta motivación, a través de la presente investigación se pretendió determinar la contribución del sorgo (*Sorghum Vulgare*) en la elaboración de una cerveza tropical. Para ello se realizó la caracterización física y química de la cebada y el sorgo, luego se diseñó el arreglo de tratamientos óptimos hiper cubo latino escalable para el proceso de producción de cerveza a partir de la mezcla de sorgo- cebada con *Saccharomyces cerevisiae* y por último se optimizó vía simulación condiciones operativas del proceso de producción de la cerveza, a fin de obtener un producto terminado compuesto por una mezcla de cebada: 197,61gr; sorgo: 81,778gr, un tiempo de fermentación: 7,91 días y una temperatura de cocción de 85,01°C, para alcanzar una cerveza con las siguientes características: pH: 4,48; SST: 1,69 ° Brix; POR: 104,75mV; °Alcohol: 6,64 y Turbidez: 206,61 NTU, con un valor de deseabilidad “D” de 98,99 de la variabilidad de las respuestas con las condiciones propuestas explicadas a través del modelo del proceso.

Palabras clave: Sorgo, *Saccharomyces cerevisiae*, hiper cubo latino, cerveza tropical.

SUMMARY

Venezuela is presented as a scenario with extraordinary potential to boost the use of sorghum in beer brewing, firstly because it contains nutrients that are used by humans and secondly because of its easy and rapid access, particularly due to the fact that produces in 15 of its states, with a bulk of the production from the central and western llanero states by the agro-ecological and geographical characteristics, which guarantees its profitability over time, with this motivation, through the present investigation was intended determine the contribution of sorghum (*Sorghum vulgare*) in the preparation of a tropical beer. To do this, the physical and chemical characterization of the barley and sorghum was carried out, then the optimal treatment arrangement for the hybrid Latin cube was designed for the beer production process from the mixture of sorghum-barley with *Saccharomyces cerevisiae* and finally optimized via simulation operating conditions of the beer production process, in order to obtain a finished product composed of a mixture of barley: 197,61gr; sorghum: 81,778gr, a fermentation time: 7,91dias and a temperature of 85,01°C, to reach a beer with the following characteristics: pH: 4,48; SST: 1,69 ° Brix; POR: 104,75mV; ° Alcohol: 6,64 and Turbidity: 206,61 NTU, with a desirability value "D" of 98,99 of the variability of the responses with the proposed conditions explained through the process model.

Keywords: Sorghum, *Saccharomyces cerevisiae*, Latin hypercube, tropical beer.

INTRODUCCIÓN

La cerveza es la bebida más antiguas del mundo, junto con el vino. Desde hace miles de años el ser humano viene degustando de cervezas de todo tipo, sabores y colores. No existen datos sobre quienes inventaron la cerveza, pero los registros más antiguos sobre este sabroso producto, se remontan a 6.000 años atrás, en la zona de la Mesopotamia, específicamente en Sudan, los Sumerios hacían cerveza e incluso dejaron registros escritos sobre la elaboración de este producto. Los Sumerios preparaban cerveza de la siguiente manera, tomaban pan hecho con harina de trigo, lo cortaban en pedazos y metían esos pedazos en vasijas a las cuales les agregaban agua, dejando esas vasijas al sol durante varios días y obtenían una bebida alcohólica que luego filtraban y bebían. Ellos llamaron a esa cerveza Siraku según el antiguo Egipto que remonta a 4.000 años A. C. (Insuati y Carvajal, 2010).

Por otro lado, el sorgo ha sido utilizado por los países desarrollados en la elaboración de bebidas alcohólicas y ha mostrado poseer propiedades que favorecen su producción

(Naranjo, 2011). Además de que Venezuela se presenta como un escenario con extraordinario potencial para impulsar el empleo del sorgo en la elaboración de cerveza, en primer lugar porque este se produce en 15 de sus estados y el grueso de la producción proviene de los estados llaneros centrales y occidentales por las características agro ecológicas y geográficas, además de ocupar el puesto 19 como país productor a nivel mundial, el quinto a nivel del continente americano y cuarto puesto en Latinoamérica, lo que garantiza el fácil y rápido acceso a la materia prima que lleva de la mano su importancia al momento de determinar la rentabilidad en el tiempo.

En ese mismo sentido y ante la nueva realidad que vive el país con el otorgamiento de divisas y considerando que la cebada es un producto importado, principal y necesario en la producción de cerveza y que la misma es definida según la Norma COVENIN 91-2000, como una bebida alcohólica obtenida de fermentación mediante levadura del cultivo de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, extracto obtenido de cereales entre los cuales debe figurar la cebada malteada como componente mayoritario (>50%) y el resto, de otros cereales malteados o no, y/o de otros adjuntos cerveceros, adicionada de lúpulo o sus derivados, a fin de impartirle aroma y sabor amargo característicos y además sustancias aprobadas por las autoridades sanitarias, a través de la presente investigación se pretendió determinar la contribución del sorgo como un sustituto parcial de la cebada, aprovechando los bajos porcentajes de grasas e hidratos de carbono que posee dicho cereal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se encuentra enmarcada según Hurtado (2012), dentro del tipo exploratoria, con 16 tratamientos para cebada y sorgo a fin de obtener el óptimo de los parámetros requeridos. La muestra estuvo representada por 1.7 litros para cada concentración. Después de las consideraciones anteriores la investigación se desarrolló mediante las siguientes fases:

Fase I: Caracterización física y química de la cebada y el sorgo para la elaboración de la cerveza. En esta fase se realizaron los análisis físicos y químicos, que comprenden, pH, sólidos totales, acidez, turbidez.

Fase II: Diseño del arreglo de tratamientos óptimos de hiper-cubo Latino escalable para el proceso de producción de cerveza a partir de la mezcla de sorgo- cebada con *Saccharomyces cerevisiae*. En esta etapa de la investigación se realizó la operacionalización de las variables para dividir las en variables dependiente e independientes insumo para la matriz “D” de diseño hiper-cubo latino, cuando se varían las dosis de las variables independientes. Asimismo, se empleó el diseño método hiper-cubo Latino (LatinHypercube) debido a que maximiza la distancia mínima entre los puntos de diseño (igual espaciado de los niveles de cada factor). Este método produce diseños que imitan la distribución uniforme. El método LatinHypercube es un compromiso entre el método Sphere-embalaje y el método de construcción homogéneo. El Diseño LatinHypercube Designs (LHD), se recomienda implementar, sí, **a.** Si, esperamos que la respuesta depende sólo de algunos de los insumos (factor de escasez), los puntos deben estar espaciados de manera uniforme cuando se proyecta en la región experimental en estos factores. **b.** Si, asumimos modelo aditivo (aproximadamente), también queremos un diseño cuyos puntos se proyectan de manera uniforme sobre los valores de entrada individuales se puede demostrar que (al menos en algunos supuestos), LHD son mejores que diseños de igual tamaño, obtenidos de un muestreo aleatorio simple. En ese mismo sentido una vez definida la matriz de tratamientos y el tipo de diseño del experimento se procedió a la elaboración de la cerveza a través del siguiente sistema de operaciones:

- a. Molienda: disminución del tamaño del grano en partículas muy finas para facilitar su uso en el proceso.
- b. Tamizado: eliminar cualquier impureza en el polvo obtenido después de la molienda.

- c. Mezcla: en un recipiente de acero inoxidable con agua caliente a una temperatura de entre 48 - 58°C por 10min, ir agitando constantemente para garantizar su homogeneidad y así evitar grumos en la mezcla.
- d. Cocción (mosto): a una temperatura de 60 - 80° por 40min
- e. Filtrado: filtrar con ayuda de colador o tela.
- f. Adición de lúpulo: calentar el mosto a una temperatura de 97° y adicionar el lúpulo, mantener la temperatura por 90min
- g. Fermentación: se transfiere la mezcla obtenida en el proceso anterior a un botellón de vidrio, bajar su temperatura a 11 – 27°C, agregar la levadura y tapar con algodón y manguera para permitir la salida del dióxido de carbono.
- h. Maduración: a 0° por 3días en un envase sellado.

Fase III: Optimización vía simulación condiciones operativas del proceso de producción a partir de la mezcla de Sorgo- Cebada con *Saccharomyces cerevisiae*. En esta fase se empleó el programa SAS JMP 8 (2014), el módulo de regresión de superficie de respuesta y; para la optimización operativa el módulo de perfiles de respuesta y de deseabilidad, junto con el simulador del programa SAS JMP 8.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para la determinación de las características físico-químicas de la cerveza se realizaron análisis con cada uno de los parámetros, mediante los métodos siguientes: pH Norma COVENIN 1315-17, para los sólidos totales la Norma COVENIN 1031-81, Potencial Oxido Reducción o Potencial Redox (POR), determinación de grados alcohólicos en una cerveza, determinación de Turbidez (NTU) unidades de turbidez nefelométricas (ver tabla 1 y 2).

Tabla 1. Caracterización química del sorgo.

CARACTERISTICA	CONTENIDO (gr)	REQUISITOS (% MINIMO Y MAXIMOS)	METODO DE ENSAYO (COVENIN)
PROTEINAS	10,4	8,5 min.	1195-80
GRASA	3,1	1,7 max	1785-81
HUMEDAD	10,25	12,5 max.	1553-80
CENIZA	1,6	1 max.	1783-81

Fuente: Autores (2018).

Tabla 2. Caracterización química de la cebada.

CARACTERISTICA	CONTENIDO (gr)	REQUISITO (% MINIMO Y MAXIMO)	METODO DE ENSAYO (COVENIN)
PROTEINA	9,7	8,5 min	1195-80
GRASA	1,16	1,7 max	1785-81
HUMEDAD	10,41	12,5 max	1553-80
CENIZA	1,9	1 max	1783-81

Fuente: Autores (2018).

En el cuadro 1, que se muestra a continuación se observa la Matriz “D” de diseño de tratamientos y datos medidos en la cerveza se muestran los datos experimentales obtenidos en la investigación.

Cuadro 1. Matriz de diseño de tratamientos y respuestas tecnológicas medidas pH, Sst, POR, ° alcohol, °Gay-Lussac y una turbidez

FACTORES				RESPUESTA				
X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
249,33	54,64	5,33	80,00	4,5	2,1	98,4	7	355
258,40	36,40	9,00	85,33	4,88	2,3	122,8	8,5	371
199,47	27,28	5,00	90,67	4,8	1,98	98,4	6,8	335
194,93	82,00	7,33	84,00	4,55	1,55	99,8	6,5	353
204,00	50,08	10,00	89,33	5,1	2,5	110,9	9,2	310,3
240,27	45,52	9,33	92,00	5,3	2,11	96,9	7,2	486,5
235,73	77,44	8,67	94,67	4,96	2,8	117,7	10,3	211,1
208,53	13,60	9,67	96,00	5,1	3,12	111,4	10,5	315,7
213,07	31,84	8,00	81,33	5,12	1,7	111,2	6,1	378,1
244,80	68,32	6,67	86,67	4,9	1,78	94,6	6,3	234,3
222,13	72,88	6,33	88,00	4,87	1,8	115,5	6,9	315,5
190,40	59,20	8,33	98,67	5,34	1,5	94,3	6,7	334
253,87	40,96	6,00	93,33	4,9	2,11	94,6	7,1	236,7
226,67	18,16	7,00	82,67	5,69	2,5	112,8	9,3	307,5
217,60	63,76	5,67	100,00	5	2,1	95,5	7	303,6
231,20	22,72	7,67	97,33	5,35	1,4	94,4	3,3	241,5
249,33	54,64	5,33	80,00	4,45	2,1	98,4	7,3	357,2
258,40	36,40	9,00	85,33	4,9	2,4	119,2	8	388,3
199,47	27,28	5,00	90,67	4,8	2,13	97,5	6,6	333,1
194,93	82,00	7,33	84,00	4,5	1,55	98,5	5,98	357,1
204,00	50,08	10,00	89,33	5	2,56	110,9	8,99	310,3
240,27	45,52	9,33	92,00	5	2,11	111	7,1	488,3
235,73	77,44	8,67	94,67	4,8	2,87	100,5	10,1	215,3
208,53	13,60	9,67	96,00	5	3,12	111,4	10,3	315,7
213,07	31,84	8,00	81,33	5	1,77	111,2	6	378,1
244,80	68,32	6,67	86,67	4,9	1,77	94,6	6,2	234,3
222,13	72,88	6,33	88,00	4,8	1,56	115,5	6,5	315,5
190,40	59,20	8,33	98,67	5,1	1,6	94,3	6,4	334
253,87	40,96	6,00	93,33	4,9	2,1	94,6	6,98	236,7
226,67	18,16	7,00	82,67	5,69	2,55	112,8	9,22	307,5
217,60	63,76	5,67	100,00	5,3	2,11	95,5	7,1	303,6
231,20	22,72	7,67	97,33	5	1,44	94,4	4,1	241,5
249,33	54,64	5,33	80,00	4,45	2,13	98,4	6	355
258,40	36,40	9,00	85,33	4,7	2,33	122,8	8,5	371
199,47	27,28	5,00	90,67	4,6	1,9	98,4	6,8	335
194,93	82,00	7,33	84,00	4,4	1,58	99,8	6,5	353
204,00	50,08	10,00	89,33	5	2,58	111	9,1	310,3
240,27	45,52	9,33	92,00	5,6	2,11	113,4	7,6	486,5
235,73	77,44	8,67	94,67	4,9	2,77	118,7	10,1	211,1
208,53	13,60	9,67	96,00	5,1	2,98	111,4	10,1	315,7
213,07	31,84	8,00	81,33	5,1	1,68	111,2	6,1	378,1
244,80	68,32	6,67	86,67	4,77	1,77	94,6	6,3	234,3
222,13	72,88	6,33	88,00	4,78	1,77	115,5	6,9	315,5
190,40	59,20	8,33	98,67	5,2	1,44	94,3	6,5	334
253,87	40,96	6,00	93,33	4,7	2,1	94,6	7,2	236,7
226,67	18,16	7,00	82,67	5,51	2,6	112,8	9,45	307,5
217,60	63,76	5,67	100,00	5,2	1,98	95,5	7,6	303,6
231,20	22,72	7,67	97,33	5,1	1,33	94,4	4,1	241,5

Fuente: Autores (2018).

En la figura 1 (modelo de simulación), que muestra a continuación, se observan las condiciones alcanzadas para maximizar la producción de la cerveza tropical a base de sorgo (*Sorghum vulgare*), dichas condiciones experimentales son de X_1 (cebada): 197,46 g; X_2 (sorgo): 81,72 g; X_3 (tiempo de fermentación): 7,91 s y X_4 (temperatura): 85,06 °C; para la obtención de una bebida tropical, con un pH (Y_1) de alrededor de 4,49 [⁺], una cantidad aproximada de solidos totales (Y_2) de 1,70 ° Brix, un Potencial oxido reducción (Y_3) alrededor de 104,24 mV, unos grados de alcohol (Y_4) 6,64 °Gay-Lussac y una turbidez (Y_5) cercana a 206,61 Ntu; a fin de alcanzar una deseabilidad “D” de 98,99; que al ser ponderada en la calculadora de probabilidad 6σ , proyecta un DPMO (Defectuosos Por Millón de Oportunidades) de 10143, lo que indica que en cada 100 productos elaborados, hay la probabilidad de que un Bach, este no conforme, es decir que al menos una respuesta este fuera de control.

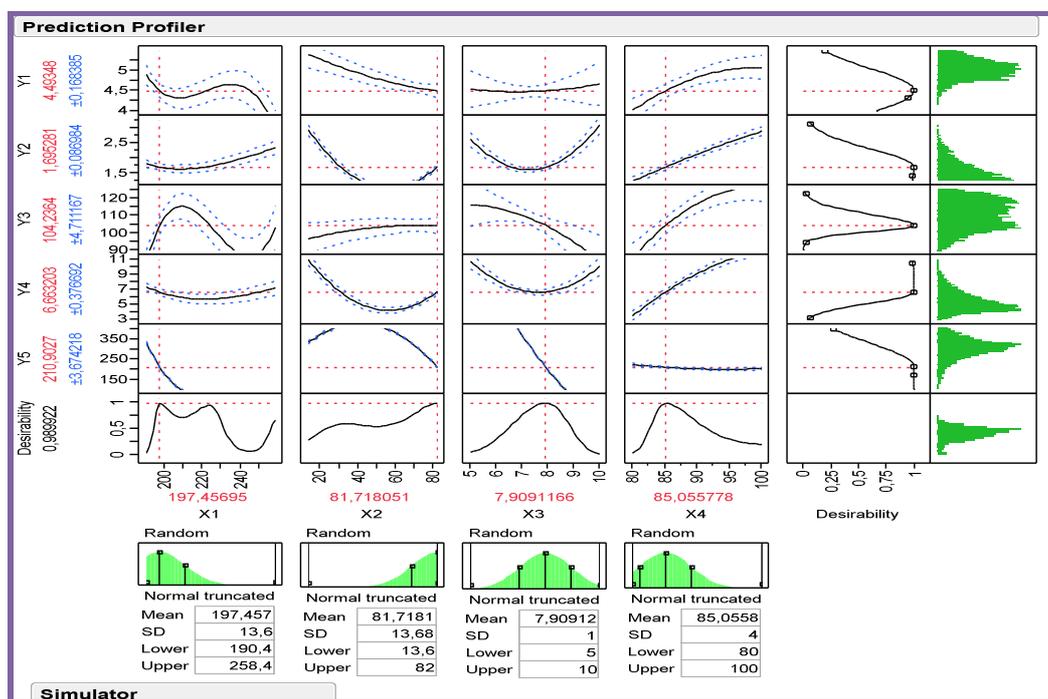


Figura 1. Modelo de simulación para maximizar la producción de cerveza tropical a base de sorgo.

CONCLUSIONES

Luego de los resultados obtenidos se han establecido las siguientes conclusiones:

- La caracterización de las materias primas permitió identificar las propiedades y estimar la cantidad y calidad de nutrientes que pueden ser aportados por las mismas en el proceso de elaboración de la cerveza tropical.
- Los arreglos de tratamientos Hípercubo latino utilizados, lograron ajustar modelos lineales aditivos de alto orden, con excelente bondad de ajuste, para el proceso de elaboración de una cerveza tropical con *Saccharomyces cerevisiae* a partir de la mezcla de cebada y sorgo.
- Los modelos ajustados y la metodología de optimización vía simulación, permitieron predecir condiciones operativas óptimas para la contribución del sorgo en la elaboración de una cerveza tropical.
- Se demostró que a través del programa JMP v8 se logran ajustar las condiciones necesarias para minimizar las respuestas (variables de salidas).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Carvajal, L.; Insuasti, M. (2010). Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot esculenta crantz*). Trabajo de Grado. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte.
- COVENIN 91-2000. (2002). Norma Venezolana Cerveza (3era revisión). Fondonorma. Pp 1- 3.
- COVENIN 1315-17. (1979). Norma Venezolana 1315. Alimentos. Determinación de pH (acidez iónica). Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. p. 1 – 3.
- COVENIN 1031-81. (1981). Norma Venezolana para Néctares y frutas. Consideraciones generales. Disponible en <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1031-81.pdf>

Hurtado, J. (2012). Metodología de la investigación. Guía para la comprensión Holística de la ciencia. Cuarta edición. Ediciones Quirón. 1327 p.

Naranjo J. (2011). El cultivo del sorgo (*Sorghum Vulgare*) como una alternativa medicinal y alimenticia. [Artículo en línea]. [Consulta 09/03/2018]. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos83/cultivo-sorgo-sorghum-vulgar/cultivo-sorgo-sorghum-vulgar.shtml#ixzz4WnsbdEAY>

SAS JMP 8 (2014). Software SAS Institute Inc. JMP business unit SAS.JMP: Jonhn's macintosh program.