

Añejamiento de aguardiente con campo magnético de frecuencia extremadamente baja

Aging of spirits with magnetic field of extremely low frequency

Ing. Matilde Anaya-Villalpanda¹, Ing. Michel Rodríguez-Fuentes^{II} m.rodriguez@bacchus.havanaclub.cu

¹Banco de cepas de levaduras del Laboratorio de Microbiología de Vicedirección de Ciencias del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria (IIIA), La Habana, Cuba, ^{II}Rones Añejos de Cuba, Havana Club Internacional, S. A., Mayabeque, Cuba

Se aplicó campo magnético de frecuencia extremadamente baja (60 Hz) y densidad 60, 70 y 80 Gauss a 700 ml de aguardiente fresco a 60, 67 y 74 °GL contenido en pomos de polietileno con 3 g/L de viruta tostada de roble americano (Quercus alba) obtenida de las duelas de barriles usados. Las muestras se trataron 3 veces por semana (12 tratamientos por mes) por 60 minutos, durante los 3 meses de estudio del añejamiento. Los resultados obtenidos mostraron diferencia significativa respecto al control y a los patrones de la misma edad por añejamiento tradicional. Se concluye que el campo magnético de frecuencia extremadamente baja puede ser utilizado en combinación con la técnica de cama empacada para el añejamiento de aguardiente, sin afectaciones en sus parámetros sensoriales.

Palabras clave: añejamiento no convencional; virutas de roble; envases de PET; campo magnético oscilante.

Magnetic field extremely low frequency (60 Hz) and density 60, 70 and 80 Gauss was applied to 700 ml of fresh waterfire to 60, 67 and 74 °GL content in fracs PET with 3 g/L chip toasted American oak (Quercus alba) obtained from the staves barrels used. The samples were treated 3 times per week (12 treatments per month) for 60 minutes, during 3 months of study of aging. The results obtained showed a significant difference with respect to the control and the patterns of the same age by traditional aging. It is concluded that the magnetic field of extremely low frequency can be used in combination with the technique of bed packed for the aging of brandy, without affectations in their sensory parameters.

Key words: aging not conventional; oak shavings; PET packaging; oscillating magnetic field.

Introducción

El añejamiento de bebidas es un proceso beneficioso para mejorar su bouquet /1, 2/, pero es muy costoso debido fundamentalmente a las pérdidas de líquido durante el período requerido /1, 3/. Por tal motivo surgen las técnicas de añejamiento no convencionales, entre las que se encuentra el lecho fijo o cama empacada /1, 4/. Se informó de trabajos de comparación entre las técnicas tradicionales y las no convencionales, que confirmaron la posibilidad del empleo del añejamiento artificial para obtener un ron con características similares a los añejados de modo tradicional /5, 6/.

Se conoce que la mayoría de los compuestos presentes en la madera no son extraídos en cantidades significativas /7/. En tal sentido al exponer la madera a ondas de ultrasonido se mejoró significativamente la liberación de la lignina y los aminoácidos. Con la combinación del

calentamiento del brandy en el barril hasta 45 °C durante dos semanas y la aplicación de ultrasonido de 800 kHz durante 10 min, 3 veces cada tres días, se logró disminuir el tiempo de añejamiento de 3 años a 9 meses. Este tratamiento provocó un rápido incremento de acidez total, taninos en su forma oxidada, aldehídos aromáticos y ácidos volátiles /1/.

Además, se informó sobre la reducción del tiempo de añejamiento cuando se aplicó campo magnético oscilante (campo magnético oscilante), con resultados satisfactorios desde el punto de vista sensorial e incluso resultados superiores para igual período de tiempo, o sea, equivalentes a mayores años por el método convencional /8, 9/. Esto pudiera deberse a que el componente magnético de CMO de frecuencia extremadamente baja (FEB), menos de 300 Hz, puede generar amplificación de la energía a nivel cuántico suficiente para afectar los enlaces de hidrógeno moleculares, si entran en resonancia con las ondas de dicho campo /10-12/.

Por otra parte, tradicionalmente las bebidas alcohólicas se envasan en recipientes de vidrio, aunque la tendencia mundial es el envasado en recipientes de materiales sintéticos como tereftalato de polietileno (PET), porque son menos frágiles y de fácil transportación como preformas /13/. Es sabido que los plásticos retienen en su estructura muchas sustancias químicas, algunas de las cuales son tóxicas para la salud o dañinas para la calidad del alimento lo cual se relaciona con la migración total o específica de los compuestos del envase en dicho alimento /14/. Por eso, actualmente solo se utiliza la tecnología de preformas para botellas desechables, en las cuales el PET reciclado ocupa la posición interna (queda entre dos capas de PET virgen) evitando el contacto con el alimento, lo cual está prohibido en los reglamentos sanitarios de casi todo el mundo /13, 14/.

Algunas cervezas ya se comercializan en botellas PET de diferentes formatos /15, 16/, y en EE. UU. se permite la comercialización de bebidas de alto grado alcohólico en dichos envases /17/. En Cuba se comercializa ron de 37°GL en envases de este tipo de 700 mL y 2 L.

El objetivo de este trabajo es realizar una comparación entre aguardiente añejado en barriles por técnicas convencionales y aguardiente envasado en pomos PET, añejado mediante la combinación de la adición de virutas de robles y tratamiento magnético con campo magnético oscilante de frecuencia extremadamente baja.

Materiales y métodos

Se trabajó con aguardiente fresco previamente caracterizado (tabla 1), dosificado a 700 ml en pomos desechables PET con 3 g/L de viruta tostada de roble americano (*Quercus alba*) obtenida de las duelas de barriles usados. El diámetro de las virutas fue de 3-5 mm a partir de tamiz de serie Taylor, tostadas a 180 °C por 3 h /6,19/. Se realizó un diseño experimental según análisis multifactorial de D-óptimo con Design-Expert 6.1 (tabla 2). Las muestras se trataron 3 veces por semana (12 tratamientos por mes) por 60 min., durante los 3 meses de estudio. Los resultados obtenidos se compararon con el control y con patrones de diferentes edades por añejamiento tradicional (edad equivalente).

Tabla 1
Caracterización del aguardiente fresco utilizado en el experimento

	mg/100 mL A.A.		mg/100 mL A.A.
Grado alcohólico	74,1	Acetato de etilo	19,85
pH	4,1	Metanol	2,56
Acidez	20,12	n-Propanol	50,56
Acetaldehído	6,98	Isobutanol	96,66
---	---	Isoamilico	224,11

Tabla 2
Diseño de experimento

NIVELES	FACTORES		
	Grado alcohólico (°GL)	Densidad de CMO (Gauss)	Tiempo de contacto (mes)
1	74 (nivel alto)	80 (nivel alto)	1
2	60 (nivel bajo)	60 (nivel bajo)	2
3	-	-	3

Se evaluaron las propiedades físico químicas: grado alcohólico según NC 290:2002 (densímetro digital modelo DMA 4500 marca Antón Para, Austria), color (a 440 nm con espectrofotómetro modelo GENESYS 10uv marca Termo Electrón Corporation), pH (con potenciómetro modelo PHM220 marca Meterlab), acidez total según NC 291: 2002 y extracto seco mediante desecación en estufa a 110 °C. Además metanol, acetato de etilo, 1-propanol, 1-butanol, 2-metil-1propanol y 3-metil-1-butanol según las NC 508: 2007 (por cromatografía gaseosa empleando cromatógrafo GOW MAC serie 600UK, generador de hidrógeno CFH200 y una columna capilar Supelcowax 10 de 60 cm de largo por 0,32 mm de diámetro interno y 0,25 μ m de espesor de película, marca Peak Scientific Instruments, Escocia).

En el primer análisis sensorial se determinaron las características de añejamiento de las muestras con los diferentes factores para evaluar los atributos color, olor, sabor, nota añeja, copa seca, añejamiento, suavidad al tragar y calidad global. Este análisis se realizó con un panel de seis jueces adiestrados en la cata de rones, mediante una escala continua de 10 cm de longitud con intensidad creciente de izquierda a derecha. Luego se procedió a obtener la edad equivalente a partir de aguardientes tradicionales obtenidos del promedio de 10 barriles de la misma edad, según la práctica industrial internacional obligada en la industria de bebidas añejadas.

Los tratamientos de CMO de FEB de 60 Hz se realizaron con un equipo experimental caracterizado por Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA). El equipo consta de un generador de señal y una bobina de cartón con alambre enrollado (núcleo de aire).

Discusión de los resultados

En todas las combinaciones del tratamiento aplicado se observó un aumento de los valores de acidez total, aldehídos y extracto seco, con cierta independencia de los niveles de los factores. También el acetato de etilo mostró un pequeño incremento que se corresponde con aspectos teóricos del fenómeno del añejamiento pues este

es el resultado, fundamentalmente, de lentas reacciones de esterificación entre los componentes del líquido /1/. Estos resultados concuerdan con lo observado en otros estudios /6/ planteándose que la oxidación comienza por los componentes del destilado (incremento de aldehídos y ácido acético) ya que al inicio del añejamiento dicho proceso es más intenso por la mayor concentración de oxígeno disuelto. Además se apreció un aumento de color y una disminución del pH y el grado alcohólico, lo cual se corresponde con la mayor presencia de los compuestos antes mencionados y que contrasta con la disminución paulatina de los alcoholes superiores.

Todo lo mencionado evidencia un proceso de añejamiento sin afectaciones aparentes debido al tratamiento con campo magnético oscilante de FEB. Sin embargo, en la tabla 3 se puede observar que dicho tratamiento (factor A) tuvo efecto significativo ($p \leq 0,05$) sobre todas las variables de respuesta, excepto para el grado alcohólico. Los modelos obtenidos explican entre 82 y 99 % del comportamiento de dichas variables, siendo el grado alcohólico el de mayor ajuste ($R^2=0,9996$) por tanto puede inferirse que su disminución se debe al tipo de envase empleado en este experimento. Nótese que si aumenta la densidad del campo magnético oscilante aumenta el contenido de extracto seco y por ende los compuestos deseados y del color (signos positivos de los coeficientes) a la vez que se logra una disminución de los alcoholes superiores y del pH (signos negativos). El término cuadrático de este factor fue significativo para el acetato de etilo y el color, y su interacción con el factor tiempo de contacto (factor C) también incidió sobre dicho éster y el extracto seco lo cual permite seleccionar 80 Gauss de densidad del campo magnético oscilante para lograr el objetivo deseado. Esto reafirma el efecto favorable del tratamiento magnético en el añejamiento de bebidas alcohólicas /8-10/, destacándose que en este estudio se aplicaron frecuencias e intensidades extremadamente bajas que facilitarían el diseño del prototipo de acelerador de añejamiento empleando imanes permanentes como los que se comercializan para los vinos y licores en el mercado internacional.

En cuanto a los otros dos factores (B y C) en la tabla 3 se puede apreciar que casi todas las

variables estuvieron directamente relacionadas con los niveles de los mismos, excepto tiempo de contacto 3 meses (C_3). Es decir, que las variables de respuesta estuvieron influenciadas por este factor hasta los dos meses (C_1 y C_2) por lo que atendiendo a esto prolongar el tiempo de contacto no redundará en mayor obtención de compuestos aromáticos, solamente en la disminución de los alcoholes superiores y mayores pérdidas de grado alcohólico. Lo anterior se evidencia por el signo negativo de los coeficientes de dicho factor para estos compuestos, en tanto que los signos positivos

de los valores exponenciales del extracto seco y del color confirman que el añejamiento ya no se acelera aunque continúe aplicándose campo magnético oscilante. En tal sentido, más tiempo de contacto podría incidir negativamente en el proceso ya que el efecto combinado de este factor con el grado alcohólico de la mezcla (B) incide sobre el extracto seco y la formación de acetato de etilo (signos negativos de BC). Este resultado concuerda con lo reportado en la literatura /1/ sobre el grado alcohólico óptimo para realizar los procesos de añejamiento no convencional, por lo tanto se selecciona 60 °GL.

Tabla 3
Modelos estadísticos ajustados para las variables de respuesta

Variables Respuesta	Ecuación del modelo en términos significativos de los factores codificados ($p \leq 0,05$)											R ²
	intercepto	A	B	C	A ²	B ²	C ²	AB	AC	BC		
Acetaldehído	23,34	1,17	2,76	2,36 (C.) 0,04 (C.)	-	-	-	-	-	-	-	0,913
Acetato de etilo	26,61	0,76	-1,03	1,39	0,15	-1,00	-	-	1,08 (AC.) 0,66 (AC.)	0,88 (BC.) - 1,05 (BC.)	-	0,976
Metanol	3,35	-0,35	-	-0,71 (C.) -0,15 (C.)	-	-	-	-	-	-	-	0,822
n-Propanol	70,15	-1,07	-	-3,09 (C.) -0,54 (C.)	-	-	-	-	-	1,97 (BC.) -0,11 (BC.)	-	0,965
Isoamibio	82,42	-2,15	2,39	-5,23 (C.) -0,83 (C.)	-	-	-	-	-	-	-	0,862
Isobutanol	260,99	-3,53	3,33	-8,55 (C.) -1,91 (C.)	-	-	-	-	-	-	-	0,919
Grado alcoh.	66,20	-	6,64	-0,17 (C.) -0,19 (C.)	-	-	-	-	-	0,045 (BC.) -0,12 (BC.)	-	0,999
Color	0,48	3,04 E-3	-0,02	7,39 E-3 (C.) 5,37 E-3 (C.)	3,12 E-3	-	-	-	-	-	-	0,997
pH	4,97	-0,03	0,16	-0,04 E-3 (C.) -9,52 E-3 (C.)	-	-0,09	-	0,02	-	-	-	0,993
Acidez total	21,88	0,18	0,73	-0,74 (C.) -0,40 (C.)	-0,55	-0,37	-	-	-0,12 (AC.) -0,095 (AC.)	0,17 (BC.) 0,30 (BC.)	-	0,992
Extracto seco	1,45	0,40	0,22	0,32 (C.) 9,15 E-4 (C.)	-	-	-	0,07	0,11 (AC.) 9,35 E-3 (AC.)	-0,07 (BC.) -0,02 (BC.)	-	0,982

En la figura 1 se representan los resultados de la puntuación de la calidad global obtenida en la evaluación sensorial de las muestras. En esta figura se observa que todas las muestras tuvieron un comportamiento similar, dado por el perfil de las curvas obtenidas. En todo momento las muestras tratadas superaron a sus respectivos controles, y la mayor puntuación (4,7 a 6,2) se obtuvo con 60 °GL. Si se analiza dicho gráfico desde el punto de vista de la densidad del campo magnético oscilante se

puede apreciar que el mejor efecto se logra 80 G, con tendencia al aumento de la calidad en la medida que aumenta el tiempo de contacto. Es decir, que la mayor calidad global se obtuvo en la combinación 60 °GL/80 G/3 meses pero prolongar el tiempo de contacto aplicando campo magnético oscilante no mostró diferencia significativa respecto a 2 meses. Esto se observa en la figura con la cercanía entre las líneas punteadas, que a su vez están más espaciadas de las líneas de trazo.

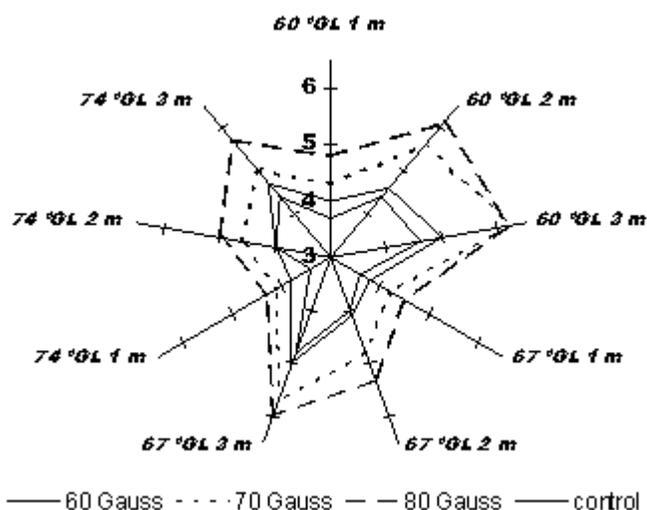


Fig. 1 Puntuación de la calidad global obtenida en la evaluación sensorial.

En la tabla 4 se muestran los resultados de la evaluación sensorial de las muestras tratadas que evidencian la selección de la muestra de 60

°GL tratada con 80 Gauss hasta los dos meses de contacto. Se puede apreciar que hubo diferencia significativa entre muestras y respecto a los controles.

Tabla 4

Resultados de la puntuación en la evaluación sensorial

60 °GL	Color		Olor		Sabor		Nota añeja			Copa seca			Añejamiento			Suav. al tragar					
	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80			
CMO																					
1 m	4,5a	5,2b	5,7b	3,4	3,9ab	4,0b	3,7a	4,6b	4,6	2,4a	3,4b	3,8bc	2,3a	2,7a	3,2b	3,8a	4,0a	4,1a	4,6a	4,9a	5,8b
2 m	5,3b	5,6bc	6,1c	3,6	3,9ab	4,2b	4,6b	5,6cd	5,9	4,2c	5,4d	6,2e	2,6a	3,0b	3,3b	3,9a	4,0a	4,4b	4,7a	5,5b	5,9c
3 m	5,5b	5,8bc	6,6c	3,7	4,3b	4,6b	5,0bc	5,9d	6,0	5,0d	6,4e	7,0e	3,0bc	3,6bc	3,9c	4,2a	4,3b	4,6b	4,5a	5,9b	6,1b

67 °GL	Color		Olor		Sabor		Nota añeja			Copa seca			Añejamiento			Suav. al tragar						
	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80				
CMO																						
1 m	4,4a	4,9ab	5,4b	3,2a	3,6ab	3,7b	3,5a	4,0b	4,4b	2,1a	3,1b	3,7c	2,2a	2,6b	2,8bc	3,6a	3,9a	4,0b	4,0a	4,2a	4,2a	5,0b
2 m	4,7a	5,2bc	5,9c	3,4a	3,8b	4,0b	4,5b	5,1cd	5,5d	3,9c	4,3cd	5,2e	2,5b	2,9c	3,1c	3,9a	4,2b	4,4bc	4,4a	4,9b	5,3b	
3 m	5,4b	5,7bc	6,2c	3,7b	3,9b	4,3b	5,0cd	5,3cd	5,8d	4,7d	5,0e	5,5e	2,7b	3,0cd	3,3d	4,1b	4,4bc	4,5c	4,5a	5,6b	5,9b	

74 °GL	Color		Olor		Sabor		Nota añeja			Copa seca			Añejamiento			Suav. al tragar							
	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80	60	70	80					
CMO																							
1 m	4,6a	5,0b	5,4b	3,5a	3,7a	4,1b	3,1a	3,8b	4,2b	2,0a	3,1b	3,5b	2,2a	2,7b	3,0bc	3,6a	3,7a	4,0b	3,8a	4,0a	4,8b		
2 m	4,7a	5,2bc	5,7c	3,5a	3,9ab	4,1b	4,0bc	4,9cd	5,4de	3,8bc	4,0c	4,0c	2,4a	2,9bc	3,2c	3,6a	3,9bc	4,2cd	4,3a	4,7b	4,8b		
3 m	5,0b	5,3b	5,9c	3,7a	4,0ab	4,4b	4,9cd	5,3de	5,6e	4,1c	4,3c	4,7c	2,8b	3,1c	3,3c	4,0b	4,3c	4,5d	4,4a	5,0b	5,5b		

Letras diferentes son diferencia significativa entre medias ($p \leq 0,05$). Los controles también están representados por la letra "a".

En la tabla 5 se puede apreciar que las muestras que más se parecen al aguardiente de 1 mes en color, copa seca, añejamiento, suavidad al tragar y calidad global fueron las de 3 y 5 años; mientras que en olor, sabor y nota añeja fueron las de 1,2 y 5 años. Para el caso de 2 meses (tabla 6), la muestra que más se acercó en olor, sabor y suavidad al tragar fue la de 3 años y en el resto de los atributos la de 5 años,

acercándose ambas edades en la nota añeja. Al comparar los datos para ambos tiempos de contacto se observó que las diferencias entre 2 meses y los diferentes patrones tradicionales, son mucho más pequeñas que las obtenidas entre 1 mes y dichos patrones. Hay que destacar que la muestra de 1 mes siempre se acercó a la de 2 meses por el lado negativo, o sea, con menos calidad.

Tabla 5
Medias estandarizadas por atributos para la muestra seleccionada de 1 mes (*60 °GL / 80 Gauss)

Tiempo de contacto	Color	Olor	Sabor	Nota añeja	Copa seca	Añejamiento	Suav. al tragar	Calidad global
1 mes^a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 meses	-1,54	-1,68	-2,19	-1,79	-1,96	-1,11	-1,37	-1,80
1 año	-1,33	-1,25	-1,98	-1,57	-1,48	-0,64	-1,16	-1,63
1,5 años	-1,07	-1,13	-1,36	-1,48	-1,24	-0,45	-0,91	-1,09
3 años	-0,59	0,21	-0,87	0,93	-1,15	0,09	-0,72	0,75
5 años	0,13	1,24	1,93	1,61	0,39	0,18	0,84	0,51

Tabla 6
Medias estandarizadas por atributos para la muestra seleccionada de 2 mes (*60 °GL / 80 Gauss)

Tiempo de contacto	Color	Olor	Sabor	Nota añeja	Copa seca	Añejamiento	Suav. al tragar	Calidad global
2 meses^a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1 mes^a	-0,74	-0,57	-0,38	-0,98	-0,81	-0,41	-0,17	-1,55
3 años	-0,48	0,15	-0,04	-0,79	0,63	0,24	0,58	-1,01
5 años	0,06	1,19	1,52	0,90	-0,21	0,11	0,76	0,47

Por tal motivo, puede decirse que el tratamiento aplicado aceleró el proceso de añejamiento de las muestras tratadas, mejorando su calidad con equivalencia en edad a aguardientes añejados por 3 a 5 años con el método tradicional. El tratamiento magnético mejoró el efecto logrado en un estudio similar /6/, ya que se requirió de 2 meses para obtener resultados comparables a dicho estudio en que se aplicaron los sistemas combinados de contacto por 3 meses con adición de 3 g/L de virutas y posterior añejamiento natural de 8 meses a rones bases de 60 °GL.

Estos resultados permiten concluir que el campo magnético puede ser utilizado en combinación con la técnica de cama empacada para el añejamiento de aguardiente, sin afectaciones en sus parámetros sensoriales.

Conclusiones

El campo magnético de frecuencia y densidad extremadamente bajas puede ser utilizado en combinación con la técnica de cama empacada

para el añejamiento de aguardiente, sin afectaciones en sus parámetros sensoriales.

A partir del análisis de los modelos matemáticos obtenidos, se seleccionaron las condiciones de tratamiento magnético: 60 °GL y 80 Gauss por 2 meses de contacto.

Las pérdidas de grado alcohólico de las muestras se deben al tipo de envase PET empleado en este experimento, no al tratamiento magnético aplicado.

Bibliografía

1. QUERIS, O. "Ciencia y tecnología de bebidas destiladas. Ronas", Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. ISBN 978-959-7003-21-2. 2007. 134 pág.
2. OTERO, E.; J. A. ARIAS; L. O. VEGA; O. M. MORENO. "Calidad de varios ronas cubanos". *Rev. Cubana Aliment. Nutric.*, 15 (2):96-100. 2001.
3. GONZÁLEZ, R. E.; L. S. CALDERÓN; R. A. CABEZA. "Cuantificación de sustancias marcadoras de envejecimiento en *Quercus humboldtii* por cromatografía líquida de alta eficiencia". *Temas Agrarios*. 13(2):56-63. 2008.
4. GARDE, T.; C. ANCÍN. "Effect of oak barrel type on the volatile composition of wine. Storage time optimization". *Lebensmittel- Wissenschaft und Technologie (LWT) - Food Science and Technology*. 39(3):199-205. 2006.
5. QUESADA, J. *et al.* "Application of artificial aging techniques to samples of rum and comparison with traditionally aged rums by analysis with artificial neural nets". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(6):1470-1477. 2002.
6. QUERIS, O.; I. RODRÍGUEZ. "Determinación de la edad equivalente al aplicar sistemas combinados de añejamiento de ronas a escala Industrial". *Braz. J. Food Technol.*, 5° SIPAL, marzo, 2005.
7. BATISTA, F. W.; S. RODRÍGUES; R. FERREIRA; A. R. SOARES. "Simultaneous determination of aging markers in sugar cane spirits. Food chemistry". 98(3):569-574. 2006.
8. QI-HAI, Y. EP19880114142. EP 0305973 A1. "Technology and equipment using interfacing method for the aging of alcoholic beverages".
9. CECCARANI, F. "Method and apparatus for accelerated aging of alcoholic liquids such as wines, brandies, spirits and the like". US 5 860 353. 1999.
10. CEFALAS, A. C. *et al.* "Nanocrystallization of CaCO₃ solid/liquid interfaces in magnetic field: at quantum approach". *Applied Surface Science*, 254: 6715. 2008.
11. PANG, X. F.; B. DENG. "Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field". *Sci China Ser G-Phys Mech Astron*, 51 (11): 1-12. 2008.
12. VALLÉE, P.; J. LAFAIT. "Effects of pulsed low frequency electromagnetic fields on water using photoluminescence spectroscopy: Role of bubble/water interface". *American Institute of Physics. The Journal of Chemical Physics* 122, 114513. 2005.
13. "Proyecto Minimización de Residuos provenientes de Envases y Embalajes. Estudio de ciclo de vida de 12 envases y embalajes". Gobierno de Chile. Comisión Nacional de Medio Ambiente. 2001
14. CABALLERO, Á. E; G. GARCÍA; C. MACÍAS. *Temas de Higiene de los alimentos. Capítulo 11: Peligros toxicológicos de los envases plásticos.* (pp: 146-160). Ed. Ciencias Médicas, Ciudad de La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-212-363-2, 2008, 382 pp. 2008.
15. ALMEIDA, J. B. *Tecnología de Bebidas, Capítulo 15: Cerveza.* (págs. 347-382). Editora Edgar Blücher Ltda., São Paulo, Brasil. ISBN 85-2120362-4, 2005, pág. 550. 2005.
16. TIISMAN, M. "Cerveza: la alternativa del PET". *Sidelonline*, 8: 1-50. Disponible en www.sidel.com. 2008.
17. MISKO, G. G. "Reglamento de embalaje por Impuesto sobre Alcohol y Tabaco: un nivel adicional de complejidad". *Regulación de FDA Food Packaging*. 2008.
18. NC 290:2002. "Determinación de grado alcohólico en bebidas alcohólicas destiladas, aguardiente y alcohol etílico".
19. NC 291. "Determinación de acidez en bebidas alcohólicas destiladas, aguardiente y alcohol etílico". 2002.
20. NC 508:2007. "Bebidas alcohólicas. Determinación de componentes volátiles mayoritarios en bebidas alcohólicas destiladas, aguardiente y alcohol etílico por cromatografía gas – líquido".