

**AUTORES**  
AUTHORS

✉ **RAMÍREZ-MORA Estela**<sup>1,2</sup>  
**MATÍNEZ Peniche Ramón A.**<sup>1</sup>  
**FERNÁNDEZ-MONTES Mario R.**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>División de Estudios y Posgrado en Alimentos,  
Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

Cerro de las Campanas s/n, Centro Universitario,  
Qro. Méx. Tel/Fax 1 92 13 04.

<sup>2</sup>teli\_11@hotmail.com.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales Agrícolas y Pecuarias,  
CENGUA, Guanajuato, México.

**RESUMEN**

Para evaluar el efecto de la cepa de levadura y el nivel de azúcar sobre la calidad de sidra espumosa obtenida según el Método Champenois, jugo extraído de manzana cv. 'Golden Delicious' fue inoculado con levadura seca activa comercial y puesto a fermentar a 20° C hasta obtener una sidra seca tranquila, a la cual se agregó el licor de tiraje consistente en concentraciones conocidas de azúcar y levaduras, y se hizo fermentar por segunda vez, en botellas de plástico de 600 mL, para la toma de espuma. Durante la segunda fermentación se monitoreó el aumento de la presión interna de la botella por manometría. Los factores de estudio fueron el contenido de azúcar (10 y 15 g/L) y la cepa de levadura (71b, K1 y levadura comercial); las variables evaluadas fueron: densidad, sólidos solubles totales (SST), grado alcohólico (% Alc), la acidez total (AT) y volátil (AV), los azúcares residuales (AR) y el sulfito libre (SO<sub>2</sub> L), combinado (SO<sub>2</sub> C) y total (SO<sub>2</sub> T). Se observó que la presión interna de la botella aumenta conforme se incrementa el nivel de azúcar. En ausencia de inóculo, la segunda fermentación se lleva a cabo espontáneamente aunque, con 15 g/L de azúcar, la presión en la botella fue significativamente inferior, lo que se refleja en la concentración de azúcares residuales. El tipo de levadura utilizada tuvo un efecto significativo en la mayoría de las variables evaluadas con excepción de densidad y SST; por su parte el nivel de azúcar tuvo efecto significativo sólo en SST, AT, AV, AR, % Alc y SO<sub>2</sub> L; y por su parte, la interacción de ambos factores resultó significativa para: AT, AV, AR, % Alc, SO<sub>2</sub> L y SO<sub>2</sub> T. El mejor tratamiento para elaboración de sidra espumosa fue: utilizando levadura 71B y K1, a los niveles de 10 y 15 g/L de azúcar.

**ABSTRACT**

To evaluate the effect of yeast strain and sugar level on the quality of foaming cider obtained through Champenois method, juice extracted from 'Golden Delicious' apples was inoculated with activated commercial dry yeast and fermented at 20° C. having the hard dry cider done, it was bottled in 600 mL plastic bottles and added with the liqueur de tirage to undergo the second fermentation which was screened through the evaluation of the internal bottle pressure. The factors studied were sugar level (10 y 15 g/L) and the yeast strains: (71b, K1 commercial yeast for baking); after fermentation, density, total soluble solids (SST), total acidity (AT), residual sugar (AR), volatile acidity (AV), percentage of alcohol (% Alc), and total (SO<sub>2</sub> T), free (SO<sub>2</sub> L) and combined sulfite (SO<sub>2</sub> C) were analyzed in the hard cider. The internal bottle pressure increased as a function of the level of sugar, in absence of inoculate the second fermentation was carry on spontaneously, even though, with 15g/L of sugar the internal pressure was significantly lower. The yeast strain influenced most of the evaluated variables with the exception of density an SST, the level of sugar influenced SST, AT, AV, AR, % Alc y SO<sub>2</sub> L., it was a significant effect due to the interaction of both factors in AT, AV, AR, % Alc, SO<sub>2</sub> L y SO<sub>2</sub> T. The best quality for the foaming cider was obtained using 71B and K1 yeasts with 10 and 15 g/L of sugar.

**PALABRAS CLAVE**  
KEY WORDS

Sidra espumosa, fermentación  
alcohólica, cepa de levadura.

## 1. INTRODUCCIÓN

El manzano es un frutal de gran importancia a nivel mundial. En México se cultivan alrededor de 60,000 ha destinándose aproximadamente 75 % de la producción al consumo en fresco y 25 % a la industria transformadora (FAO, 2004).

En México se producen anualmente 500,000 ton de manzana, el estado de Querétaro, ubicado en el centro de la República aporta aproximadamente el 1%

En el estado de Querétaro los principales municipios productores son Amealco, Cadereyta, Pinal de Amoles y San Joaquín en donde la manzana se comercializa a precios relativamente bajos, debido principalmente a la baja calidad de la manzana resultado de la mala planeación respecto al establecimiento de los huertos en el estado, deficiencia en su manejo, presencia de accidentes climáticos como sequía, heladas y granizos que propician pérdidas importantes en la producción. Lo anterior dificulta la obtención de fruta de calidad. Dentro de las alternativas para lograr un mejor aprovechamiento de la manzana de cultivada en esta región, se encuentra la elaboración de sidra.

La palabra sidra proviene del vocablo hebreo 'shekar' el cual designa toda bebida alcohólica diferente del vino, 'shekar' es el antecesor directo de la palabra latina sicera que designa únicamente el jugo fermentado de manzana. Los romanos conocieron la sidra al inicio de la era cristiana; durante los siglos III y IV los Galo-Romanos utilizaban una técnica modificada para producir vino de manzana mediante la cual reemplazaron el uso de mallas compactas para exprimir el jugo de manzanas, por el uso de una prensa (Coudray et al., 2003).

La sidra es conocida en numerosas partes del mundo, principalmente en Europa de donde es originaria, Francia es el primer productor de manzana de sidra a nivel mundial con aproximadamente 500,000 ton. anuales y teniendo un consumo anual de alrededor de 1,300,000 HL de sidra; el Reino Unido es el principal consumidor de sidra con aproximadamente 4,000,000 HL por año, en tercero y cuarto lugar encontramos España y Alemania con 700,000 y 500,000 HL de consumo anual, respectivamente (Coudray et al., 2003).

En general, una buena sidra, se produce a partir de una mezcla equilibrada de manzanas sidreras, éstas deberán presentar diversas cualidades para ser transformadas, dentro de las que destacan; poseer un alto contenido de azúcar y adecuado contenido de materias azufradas, no contener excesiva acidez, sabor y perfume agradable (Coudray et al, 2003; Chandon, 2003). Se considera que los atributos de sabor predominantes en la manzana son acidez y dulzura. La dulzura en la manzana es causada por tres azúcares principalmente: sacarosa, glucosa y fructosa; su principal ácido es el ácido málico, y cítrico en algunos cultivares (Yahia, 1994).

La sidra se puede clasificar según su contenido de azúcar en: seca (densidad menor a 1.015), semisecca (densidad igual a 1.015) y dulce (densidad 1.015 - 1.035) y según su contenido de espuma en tranquila y espumosa, esta última se puede elaborar mediante inyección de gas carbónico en la botella y/o mediante una elaboración artesanal obteniéndose una sidra tipo champaña (Chandon, 2003).

En Francia existen dos regiones donde la sidra tiene denominación de origen: La Normandía y La Bretaña. La Bretaña se caracteriza por producir una sidra achampañada natural, es decir, durante su fabricación la toma de espuma se realiza mediante fermentación en botella, según el Método Champenois. Entre las variedades de manzana que se utilizan para su producción, destacan: 'Dous Mœn', 'Dous Coet ligne', 'Frequin Rouge', 'Kermerrien', 'Marie Mérnard', 'Rouget de Dol', 'Fil Jaune', entre otras (Coudray et al., 2003).

El método Champenois usado en vinos espumosos, parte de la elaboración de un vino base tranquilo, mismo que es colocado en una cuba para la aplicación del licor de tiraje (porción de vino con azúcar y levaduras para lograr una segunda fermentación), posteriormente se embotella y se deja transcurrir la segunda fermentación en botella que permitirá la toma de espuma por parte del vino tranquilo para que después de un tiempo aproximado de seis meses, se obtenga la bebida conocida como Champaña (Lemonier y Duteurtre, 1989), de manera general se ha establecido que 24 g azúcar por litro de vino aumentan de 5 a 6 atm la presión interna de la botella (Navarre y Navarre, 1998).

En México la sidra que se comercializa es una bebida gasificada, combinada con vino tinto en la sidra rosada, que en ocasiones es adicionada de alcohol y azúcar, el procedimiento mediante el que se obtiene requiere de mayores inversiones de las necesarias en caso de implementarse una elaboración artesanal siguiendo los métodos de elaboración de champaña.

En el Método Champenois, usado en la elaboración de champaña, la toma o producción de espuma se realiza dentro de la botella mediante un cultivo de levaduras. La elaboración del vino de Champaña está muy regulada, ya que se lleva a cabo mediante una serie de operaciones muy precisas y controladas a la perfección. Las principales etapas según el Método Champenois son (Lemonnier y Duteurtre, 1989): La vendimia, que corresponde a la recolección de los racimos de uva; el prensado de la uva y la fermentación alcohólica, seguida o no de la fermentación maloláctica, el trasiego, el ensamblaje (escoger y mezclar vinos tranquilos para componer la cuba de embotellado), la estabilización por enfriamiento, el embotellado, la aplicación de tiraje y tapado provisional, la formación de espuma o fermentación en botella, el envejecimiento de las botellas almacenadas sobre listones, el removido, el degüelle, la dosificación, el encorchado, el precintado y el revestimiento (O.I.V, 1963).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la cepa de levadura y el nivel de azúcar sobre la calidad de sidra espumosa obtenida según el Método Champenois.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Material biológico

Se utilizaron manzanas del cv. 'Golden Delicious' las cuales fueron obtenidas en la región productora de Saltillo, Coah. Como fuente de levadura se utilizaron las cepas de *Saccharomyces cerevisiae* 71-B y K-1 (Lallemand, Ontario, Canadá) así como levadura *S. cerevisiae* para panificación

obtenida del comercio (marca La Nevada).

## 2.2 Metodología empleada

Se utilizó sidra seca tranquila elaborada con manzanas de la variedad 'Golden Delicious' fermentada con levadura comercial para panificación sulfitada con una dosis de 3g/hL de metabisulfito de potasio y aclarificada con grenetina a una dosis de 15 g/L. Las características químicas de la sidra tranquila fueron las siguientes: azúcares residuales 0.75 g/L, acidez total 3.37 g ác. málico/L y alcohol: 3.16 %. La sidra fue inoculada con las distintas cepas de levadura y se le adicionó azúcar (testigo, 10 y 15 g/L) para propiciar la segunda fermentación, ésta fue monitoreada diariamente mediante la determinación de la presión interna de la botella, el criterio para considerar la fermentación terminada fue que no se presentara un aumento en la presión durante cinco días posteriores a la última determinación.

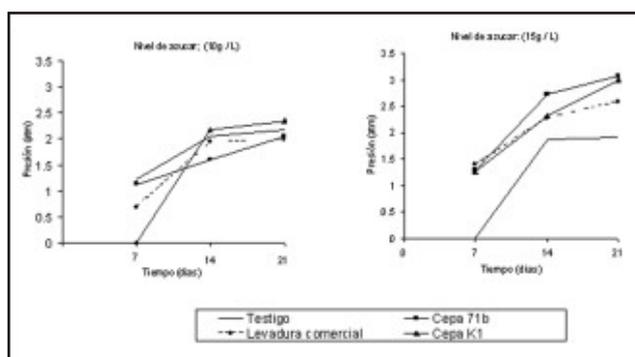
## 2.3 Diseño experimental

Consistió en un diseño experimental al azar en un arreglo factorial 4 x 2 con tres repeticiones, siendo los factores de estudio: la cepa de levadura (testigo, levadura *S. cerevisiae* comercial, *S. cerevisiae* 71b y *S. cerevisiae* K1) y el nivel de azúcar (testigo, 10 y 15 g/L). La unidad experimental fue de una botella de 600 mL de capacidad.

## 2.4 Determinaciones

Presión por manometría (Lemonnier y Duteurtre, 1989), densidad por picnometría (CEE, 1990), sólidos solubles totales con un refractómetro manual marca Atago (0 -32%), acidez total por titulación directa con NaOH y fenolftaleína como indicador (CEE, 1990) expresada en gramos de ácido málico por litro de sidra, acidez volátil por el método de Duclaux-Gayon (CEE, 1990) expresada en gramos de ácido acético por litro, % alcohol por destilación y Picnometría (CEE, 1990). Sulfito Libre, combinado y total por iodometría (CEE, 1990): es un complemento a la determinación de acidez volátil, se obtiene la cantidad en mg/L. Azúcares reductores residuales totales por medio de una modificación al método de Fehling (CEE, 1990).

Figura 1 Monitoreo de la fermentación



## 2.5 Análisis de los datos

Se llevó a cabo el análisis de varianza de Fisher y la prueba de medias de Tukey- Kramer, utilizando el programa estadístico JMP versión 4.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Monitoreo de la fermentación

La adición de licor de tiraje, consistente de azúcar y levaduras, se realizó tomando como antecedente que en el Método Champenois 5g de azúcar/L de vino aumentan aproximadamente una atmósfera la presión interna de la botella (Navarre y Navarre, 1998).

En la figura 1 se aprecia la grafica del monitoreo de la fermentación para las distintas cepas de levadura (testigo, comercial, 71B y K1) y niveles de azúcar (testigo, 10 y 15 g/L). En todos los tratamientos se generó una presión interna en la botella dependiente del tipo de levadura y nivel de azúcar; para el caso en que no se adicionó azúcar, en ningún tratamiento de levadura se logró un aumento en la presión interna de la botella (datos no mostrados). Cuando no se inocula levadura se observa cómo las levaduras remanentes de la primera fermentación son capaces de fermentar el azúcar adicionado para la segunda fermentación (10 y 15 g/L), sin embargo, después de llegar a una presión interna de 2 atm no son capaces de seguir degradando los azúcares presentes (para el tratamiento con 15 g/L). Las levaduras más eficientes en cuanto a lograr la presión deseada (2 y 3 atm) para cada uno de los tratamientos de nivel de azúcar fueron las cepas K1, y 71B; la levadura comercial se ve afectada por niveles elevados de azúcar (15 g/L) y no logra aumentar la presión interna de la botella más de 2.5 atm.

### 3.2 Análisis de varianza de las variables consideradas

En la Tabla 1 podemos observar los valores F y la significancia estadística para los factores de estudio y la interacción. El tipo de levadura utilizada tuvo un efecto significativo para acidez total (AT), acidez volátil (AV), azúcares residuales (AR), % de alcohol (% Alc), sulfito libre (SO<sub>2</sub> L), sulfito combinado (SO<sub>2</sub> C) y sulfito total (SO<sub>2</sub> T); por su parte el sulfitado tuvo efecto significativo sobre sólidos solubles totales (SST), AT, AV, AR, % Alc y SO<sub>2</sub> L; la interacción de ambos factores resultó significativa para: AT, AV, AR, % Alc, SO<sub>2</sub> L y SO<sub>2</sub> T.

### 3.3 Tipos de levadura

En la Tabla 2 se presentan las pruebas de medias para las variables evaluadas y las distintas levaduras empleadas. Se observa que en todos los tratamientos de levadura hubo una disminución de la AT de la sidra espumosa con respecto al valor inicial de la sidra tranquila (3.37 g ác. málico/L). Los mejores tratamientos para esta variable fueron la levadura 71B, K1 y la levadura comercial, cabe señalar que dentro de las características de la cepa 71B se encuentra su capacidad de degradación de ácido málico (Lallemand, 2005). En lo referente al testigo, la cepa K1 y la levadura comercial, su

**Tabla 1** Valores F y significancia estadística de los factores de estudios y su interacción para densidad (DENS), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), acidez volátil (AV), azúcares residuales (AR), % alcohol (% ALC) sulfito libre (SO<sub>2</sub> L), sulfito combinado (SO<sub>2</sub> C) y sulfito total (SO<sub>2</sub> T).

FACTOR	DENS (g/mL)	SST (°Brix)	AT (g ac málico/L)	AV (g ac acético/L)	AR (g/L)	% ALC	SO <sub>2</sub> L (mg/L)	SO <sub>2</sub> C (mg/L)	SO <sub>2</sub> T (mg/L)
Levadura	1.95 NS	0.47 NS	8.5***	14.64***	135.1***	14.59***	27.8***	6.55**	12.97***
Nivel de azúcar	0.89 NS	9.51***	5.82**	8.08**	6.14**	56.78***	3.53*	0.59 NS	0.51 NS
levadura x nivel de azúcar	1.98 NS	0.24 NS	3.94**	2.64*	2.33 NS	4.39**	9.14***	0.95 NS	4.39**

Diferencia significativa a P=0.05 (\*), 0.01 (\*\*) y 0.001 (\*\*\*), NS: No significativo

**Tabla 2** Efecto de la levadura sobre las distintas variables consideradas

FACTOR	DENS (g/mL)	SST (° Brix)	AT (g ácido málico/L)	AV (g ácido acético/L)	AR (g/L)	% ALC	SO <sub>2</sub> L (mg/L)	SO <sub>2</sub> C (mg/L)	SO <sub>2</sub> T (mg/L)
Testigo	0.9982 a <sup>1</sup>	3.95 a	1.7837 b	0.069 a	2.954 b	4.3 a	83.2 ab	68.62 b	151.82 c
71B	0.9995 a	3.91 a	2.0864 a b	0.086 a	0.470 a	4.9 a	62.57 bc	42.31a	104.88 ab
K1	0.9996 a	3.95 a	2.2542 a	0.192 b	0.387 a	4.1 a	49.95 c	36.8 a	86.75 a
Levadura comercial	0.9986 a	3.9 a	2.1738 a b	0.039 a	0.648 a	3.98 a	91.91 a	42.31a	134.22 bc
DMS, Tukey-Kramer (P ≤ 0.05)	0.00209	0.182	0.368	0.088	0.509	0.937	22.763	21.04	36.02

<sup>1</sup>Letras distintas muestran diferencia estadística significativa. Para los detalles, ver Tabla 1

**Tabla 3** Efecto del nivel de azúcar sobre las variables consideradas

FACTOR	DENS (g/mL)	SST (° Brix)	AT (g ácido málico/L)	AV (g ácido acético/L)	AR (g/L)	% ALC	SO <sub>2</sub> L (mg/L)	SO <sub>2</sub> C (mg/L)	SO <sub>2</sub> T (mg/L)
0.75 g/L (Testigo)	0.9994 a <sup>1</sup>	3.812 a	1.906 a	0.141 b	1.11 a	3.5 b	78.5 a	46.13 a	124.66 a
10 g/L	0.9988 a	3.95b	2.133 a	0.094 a b	0.89 a	4.6 a	70.0 a	44.66 a	114.66 a
15 g/L	0.9986 a	4.025 b	2.183 a	0.055 a	1.34 a	4.8 a	67.2 a	51.73 a	118.93 a
DMS, Tukey-Kramer (Pd 0.05)	0.001	0.109	0.316	0.083	1.17	0.0.55	24.16	20.55	38.12

Para los detalles, ver Tablas 1 y 2

comportamiento se puede explicar ya sea por la ocurrencia de la fermentación maloláctica, o por la presencia de *S. bayanus* en el medio fermentativo, según los hallazgos de Marchal y col., en el 2002, una disminución en el contenido de ácidos orgánicos (málico y tartárico) en la elaboración de champaña, específicamente en los niveles de ácido málico se da debido a la degradación de este ácido por parte dicha levadura.

Con respecto a la acidez volátil, el mejor tratamiento sería aquel que presentara el menor valor en esta determinación, ya que nos indicaría una sidra en la que no se han desarrollado bacterias acetificantes, desde este punto de vista, la cepa 71B, levadura comercial y el testigo propician niveles de AV aceptables, 0.086, 0.039 y 0.069 g ác. acético/L respectivamente; cabe señalar que un valor superior a 1 g/L de ácido acético ya es perceptible a gusto y al olfato (Herrero, 1999), a pesar de haber diferencias entre los tratamientos, ninguno de los tratamientos de levadura sobrepasa dicho valor.

En lo que se refiere a AR, Bisson (1999) menciona que un contenido menor a 4 g/L de azúcares residuales es adecuado para tener un vino estable, seco; en nuestro caso, vemos que, ninguna de las sidras exceden ese contenido de azúcares; es importante señalar que el testigo, con los valores más altos (2.954 g/L), degradó solo parcialmente el azúcar agregado, el

valor final de AR fue incluso mayor que aquel reportado para la sidra tranquila utilizada para la segunda fermentación (0.75 g/L). Las cepas de levadura 71B, K1 y la levadura comercial lograron degradar, incluso parte de los azúcares residuales de la primera fermentación (0.470, 0.648 y 0.387 g/L respectivamente).

En los niveles de sulfito, los mejores tratamientos fueron K1, 71B y comercial debido a que presentan mayores valores de SO<sub>2</sub> L (49.95, 62.57 y 91.91 mg/L respectivamente), bajos valores de SO<sub>2</sub> C, además de que se encuentran por debajo de los límites establecidos por la norma mexicana (NMX-V-011-NORMEX-2002), que establece 150 mg SO<sub>2</sub>/L como límite máximo de sulfito total; no obstante, con respecto a SO<sub>2</sub> L y SO<sub>2</sub> T la levadura comercial no guarda diferencia con el testigo el cual sí excede el valor establecido por la norma. Jarvis y Lea en el 2000, reportaron que de manera general solo el 40% del total de sulfito agregado en sidra, se encuentra en forma libre, este sulfito libre es reconocido por presentar actividad antiséptica. De los tratamientos realizados, para las levaduras 71B y comercial el contenido de SO<sub>2</sub> L sobrepasa el 59% y 68% respectivamente, esto lo podría deberse a que estas levaduras no produzcan importantes cantidades de compuestos enlazantes de sulfito tales como acetaldehído, piruvato y á-cetoglutarato.

Figura 2 Efecto del nivel de azúcar y la cepa de levadura sobre la acidez titulable

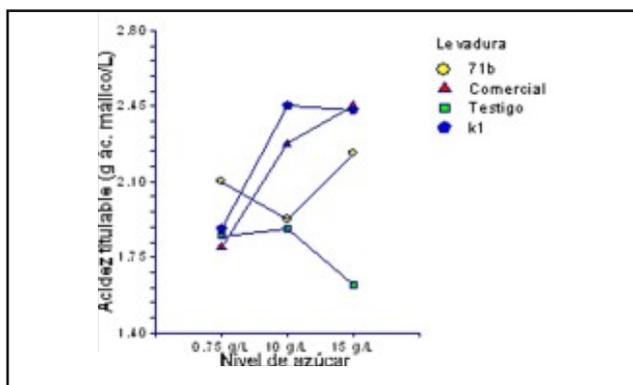


Figura 3 Efecto del nivel de azúcar y la cepa de levadura sobre la acidez volátil

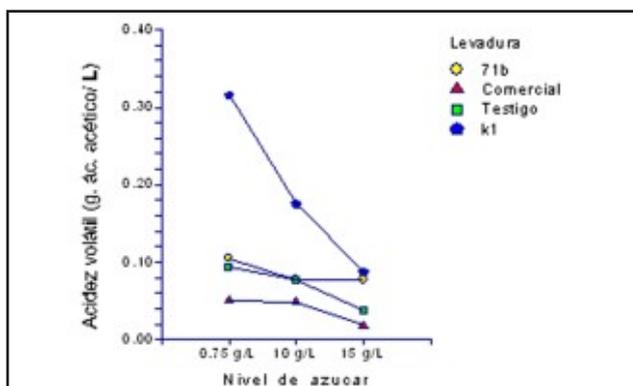


Figura 4 Efecto del nivel de azúcar y la cepa de levadura sobre el porcentaje de alcohol

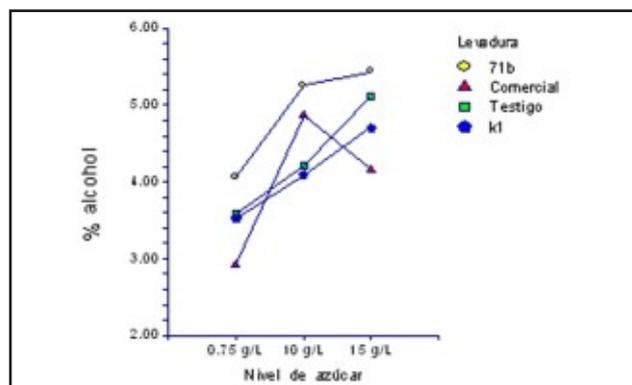
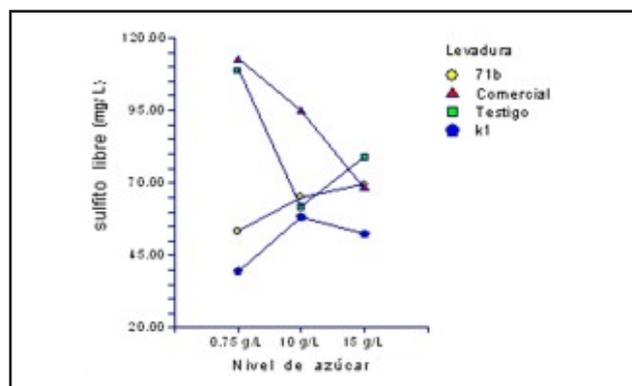


Figura 4 Efecto del nivel de azúcar y la cepa de levadura sobre sulfito libre



### 3.4 Nivel de azúcar

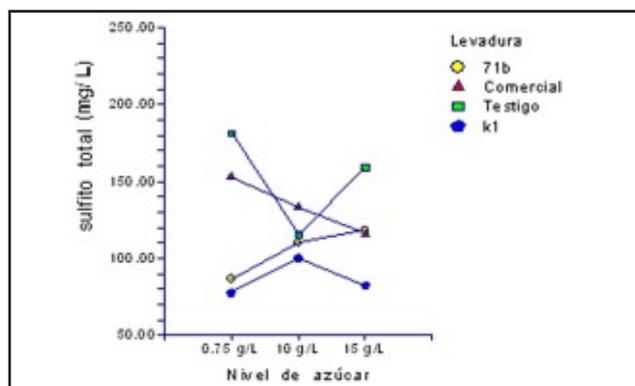
En la Tabla 3 se puede observar que a distintos niveles de azúcar se presentan valores estadísticamente diferentes para SST y AV. La diferencia en el nivel AV menor en los tratamientos con 10 y 15 g/L de azúcar (0.094 y 0.055 g ácido acético/L respectivamente), puede explicarse si tomamos en cuenta que al haber un contenido de sacarosa del 8.5%, la actividad de agua disminuye hasta 0.9995 suficiente para inhibir la mayoría de bacterias patógenas y deterioradoras (Fernández Escartín, 2000) en alimentos; cuando tenemos concentraciones entre 1 y 1.5%, bien no se inhiben el total de la microflora bacteriana presente en la sidra, sí pudo haberse disminuido su desarrollo y por ende su tasa de producción de metabolitos secundarios tales como el ácido acético.

### 3.5 Interacciones

En la Fig. 2 se presenta el efecto del nivel de azúcar y la cepa de levadura sobre AT, se observa que, para tres de nuestros tratamientos (71B, K1 y levadura comercial), se manifiesta un incremento en su valor cuando pasamos al nivel más alto de contenido de azúcar, sin embargo para la cepa comercial y K1 no se aprecia un aumento significativo al pasar de 10 a 15 g/L de azúcar, el testigo fue el único tratamiento en que se disminuyó el valor de AT conforme se aumentó el contenido de azúcar. El valor de AT de la sidra tranquila utilizada para la segunda fermentación era de 3.37 g ác. málico/L; con respecto a la cepa 71B se puede apreciar que su capacidad de degradación de ácido málico disminuye conforme aumenta el nivel de azúcar.

En la Fig. 3 se muestra el efecto del nivel de azúcar y la cepa de levadura sobre AV, podemos apreciar que tanto para la cepa K1, comercial, como cuando no se inocula levadura, hay una disminución de AV inverso al nivel de azúcar, siendo esta disminución más drástica para la cepa K1 que pasa de 0.315 g ác. acético/L cuando no se agrega azúcar (0.75 g/L) a 0.087 g ác. acético/L. en el nivel más alto de azúcar (15 g/L). Para la cepa 71B se observa que los valores de AV se mantienen, ya que esta cepa tiene la capacidad de aumentarla ligeramente (Lallemand, 2005). En general los valores bajos en la AV cuando se agrega azúcar pueden deberse a las concentraciones crecientes de CO<sub>2</sub> los cuales no permiten el desarrollo de bacterias acéticas.

**Figura 6** Efecto del nivel de azúcar y la cepa de levadura sobre sulfito total



En la Fig 4. se aprecia el efecto de la interacción de la cepa de levadura y el nivel de azúcar sobre el % Alc, la gráfica muestra cómo el alcohol producido aumenta conforme aumenta el nivel de azúcar cuando se inoculan las cepas 71B, K1 e incluso cuando no se agrega inóculo de levaduras, lo que demuestra que las levaduras remanentes de la primera fermentación son capaces de fermentar los azúcares agregados a la sidra tranquila. Cuando utiliza levadura comercial hay una disminución del grado alcoholométrico de 4.86 a 4.16 grados de alcohol al pasar de 10 a 15 g/L de azúcar, probablemente por la incapacidad de esta levadura a seguir fermentando azúcares presentes cuando estos se encuentran en cantidades elevadas.

En las Figuras 5 y 6, se observa el efecto de la cepa de levadura y el nivel de azúcar sobre el nivel de SO<sub>2</sub> L y SO<sub>2</sub> T respectivamente, sólo cuando no se inocula levadura hay un aumento tanto de SO<sub>2</sub> L (94.9 a 68.2 mg/L) como SO<sub>2</sub> T (133.3 a 116.2 mg/L) al pasar del nivel intermedio (10 g/L) al alto (15 g/L) de contenido de azúcar, la levadura comercial es la única que manifiesta una disminución en ambos contenidos de sulfito inversa al incremento de azúcar. Los aumentos tanto para la cepa 71B y K1 puede deberse por la capacidad productora de sulfito que presentan ambas cepas (Lallemand, 2005).

## 4. CONCLUSIONES

La presión interna de la botella aumenta conforme se incrementa el nivel de azúcar. En ausencia de inóculo, la segunda fermentación se llevó a cabo espontáneamente aunque, después de 20 días, aún había una cantidad importante de AR, por lo que la presión en la botella fue inferior a la obtenida con las levaduras inoculadas. En el tratamiento en el que se adicionaron 15 g/L de azúcar, la mayor presión en la botella se obtuvo con las cepas 71B y K1, habiendo, después de 20 días, menos de 0.5 g/L de AR.

La cepa de levadura utilizada en la elaboración de sidra tipo champaña tuvo un efecto significativo sobre AT, AV, AR, % Alc, SO<sub>2</sub> L, SO<sub>2</sub> C y SO<sub>2</sub> T. El nivel de azúcar afectó significativamente SST, AT, AV, AR, % Alc y SO<sub>2</sub> L. El efecto de la interacción de ambos factores de estudio fue significativo para AT, AV, AR, %zAlc, SO<sub>2</sub> L y SO<sub>2</sub> T.

La levadura comercial demostró su potencial para lograr sidra espumosa de calidad aceptable. El mejor tratamiento para elaboración de sidra espumosa fue: utilizando levadura 71B y K1, a los niveles de 10 y 15 g/L de azúcar.

## 5. BIBLIOGRAFIA

BISSON, L. F. Stuck and Sluggish Fermentations. American Journal of Enology and Viticulture, v. 50, n. 1, p.107-119, 1999.

CHANDON, J. A. Faites votre cidre. Ed D'utovie. Francia 2003. 40p.

CEE. Analyses des mouts et vins. En Journal Officiel des Communautés Européenne. Francia, 1990, 193p.

COUDRAY, M., TEURTRIER, J., VICO, J. Le cidre. Ediciones Jean- Paul Gisserot. Francia. 2003. 32 p.

FERNENDEZ ESCARTIN. Microbiología e inocuidad de los alimentos. Ed. Universidad Autónoma de Querétaro, p. 77-82. México, 2000.

HERRERO, M., CUESTA, I., GARCIA, L.A. Y DIAZ, M. Changes in organic acids during malolactic fermentation at different temperatures in yeast-fermented apple juice. Journal of the Institute of Brewing. v. 3, n.105, p.191-195. 1999.

JARVIS, B., LEA, A. G. H. Sulphite binding in ciders. International Journal of Food Science and Technology. v.35, p. 113- 127, 2000.

LALLEMAND. Información técnica. Levaduras secas seleccionadas para vinificación. Scott Laboratories. Lallemand, Canadá, 2005.

LEMONNIER, J. Y DUTEURTRE, B. Un Progrès Important pour le Champagne et les Vins de Méthode Traditionnelle. Revue d'Enol. pp.15-26. 1989.

MANGAS, J.J., MORENO, J., RODRÍGUEZ, R. SUÁREZ, B. AND PICINELLI, A. Analysis of Polysaccharides in Cider: Their Effect on Sensory Foaming Properties. Journal of Agricultural and Food. Chemistry, v. 47, p. 152-156. 1999.

MARCHAL, R., CHABOCHE, D., DOUILLARD, R. AND JEANDET, P. Influence of Lysozyme Treatments on Champagne Base Wine Foaming Properties. J. Agric. Food. Chem. v. 50 p.1420-1428. 2002.

NAVARRE, J-P. Y NAVARRE, C. Manuel d'oenologie. Editorial Lavoisier. Londres, París, Nueva York. 1998. 354 p.

SECRETARIA DE ECONOMIA. NMX-V-011-NORMEX-2002 bebidas alcohólicas, sidra natural y gasificada, Catálogo de normas mexicanas. Secretaría de economía, México, 2003

O.I.V. Office International de la Vigne et du vin. Lexique de la Vigne et du Vin. Francia. 1963. 670p.

RIBEREAU-GAYON, P., DUBORDIEU, D., DONECHE, B., AND LONVAUD A. Hand Book of Enology. Volume 1. The Microbiology of Wine and Vinification. John Wiley & Sons, LTD. Canadá. 1999. 454 p.

YAHIA E. M. Apple flavor. Horticultural Reviews. v. 16, p. 197- 234. 1994.

Páginas de internet:

[www.faostat.org](http://www.faostat.org)

[www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx)

[www.lallemand.com](http://www.lallemand.com)