PRINCIPADO DE ASTURIAS
CONSEJERIA DE AGRICULTURA

Centro de Investigación Aplicada
Y Tecnología Agroalimentaria (CIATA)

Aptdo. 33300 Villaviciosa – Asturias (España)
Telf. (98) 589 00 66 – Fax (98) 589 18 54

PRINCIPADO DE ASTURIAS
CONSEJERIA DE AGRICULTURA

Guía práctica de elaboración de la sidra artesana

DIRECCIÓN REGIONAL
DE GANADERÍA Y AGRICULTURA

Centro de Investigación Aplicada
y Tecnología Agroalimentaria (CIATA)

GUÍA PRÁCTICA DE ELABORACIÓN DE LA SIDRA ARTESANA

Autor: **JUAN J. MANGAS ALONSO**
Departamento de Sidras y Otros Derivados

Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria.
(CIATA) Aptdo. 13-33300 Villaviciosa. (Asturias)
Telf: 985890066 Fax: 985891854

Edita: Unidad de Transferencia y Coordinación del CIATA
Consejería de Agricultura
D.L.: AS-2.396/96
Imprime: AsturGraf, S.L.

INDICE

Introducción……5

La materia prima: maduración, mezcla y
condiciones higiénico sanitarias……..8

Transformación del fruto……13

Clarificación del mosto……17

Fermentación……19

Embotellado……..25

Alteraciones de la sidra y sus correcciones……26

Estudio económico……..29

Bibliografía……32

INTRODUCCIÓN

La producción de sidra tiene una importante repercusión social y económica, habida cuenta del notable incremento que se ha llevado a cabo en la produción de esta bebida en los últimos años. A título de ejemplo, en la figura 1 se recogen los datos (1,2) de producción de sidra entre los años 1982 y 1991.

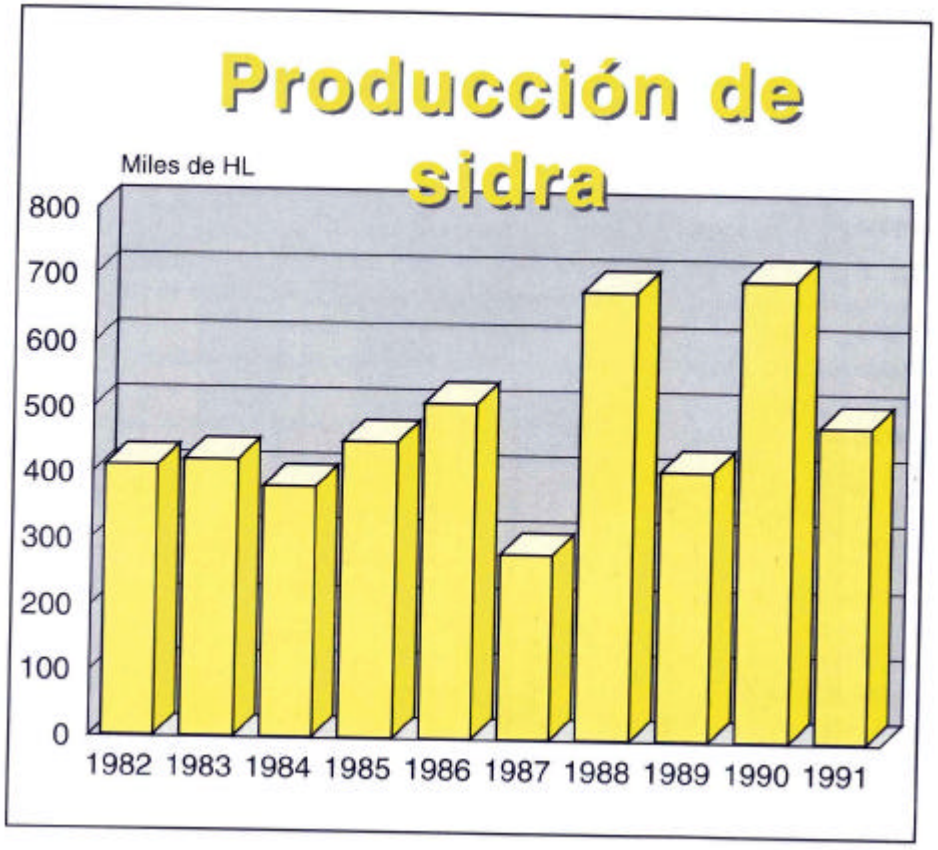


Figura 1.- Producción nacional de sidra en el período 1982-1991.

Como se puede observar, se llevó a cabo un notable incremento de la producción de sidra (artesanal e industrial) hasta el año 1990 en donde se alcanzó una producción de 692.865 Hl (2); de esta cantidad, aproximadamente un 40% corresponde a sidra natural o artesanal. Por otro lado, la producción bruta (millones de ptas) (1,2) en el intervalo de tiempo considerado se pone de relieve en la figura 2.

Sin embargo, a pesar de la relevancia socioeconómica de este sector a nivel nacional, y en especial para el Principado de Asturias (si se considera el período 1988-1991, la producción de sidra en Asturias es, por término medio, un 65% de la producción nacional) (2), hay que resaltar que la elaboración y comercialización de la sidra, en particular la sidra natural, no está exenta de problemas, y en este sentido, a continuación se apuntan algunos de ellos así como las diferentes actuaciones de carácter tecnológico para su resolución:

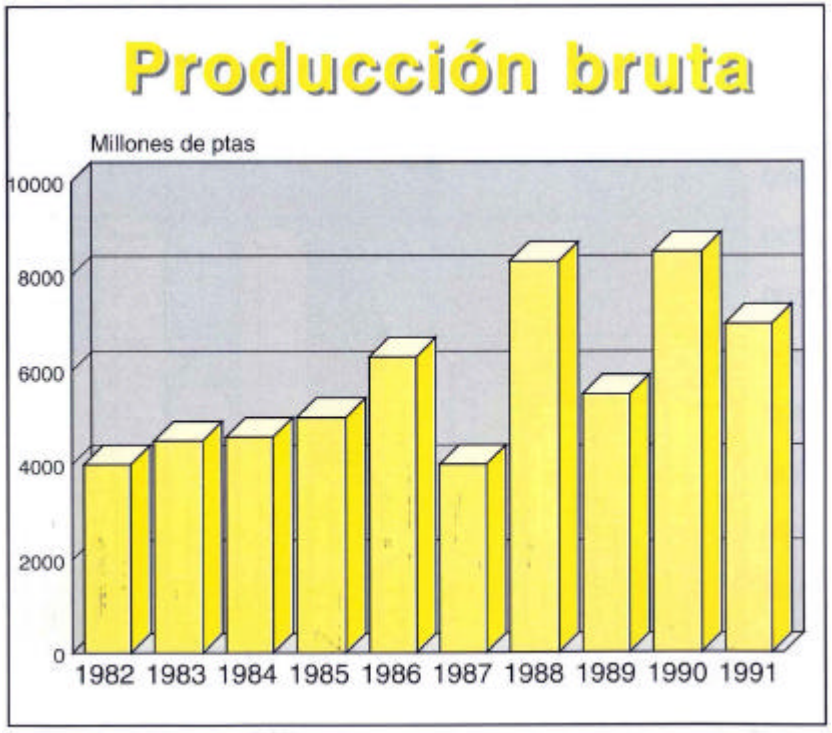


Figura 2.- Producción bruta de sidra en el período 1980-1991.

Ö **Abastecimiento irregular de materia prima de calidad por bloques tecnológicos y de madurez**. La producción de manzana de sidra en Asturias está sometida a un proceso de alternancia muy acusado; como ejemplo, conviene resaltar que el porcentaje de manzana asturiana destinada a la elaboración de sidra natural en Asturias fue de un 20,75% para el año 1991 (campaña 90-91) y un 78,54% para el año 1992 (campaña 91-92) (2); ello, trae consigo, en primer lugar, una significativa variación del precio de la manzana entre campañas, y en segundo lugar, una variabilidad en las características tecnológicas de la materia prima que limita la obtención de sidra con una calidad predecible. También, hay que resaltar, que en el momento actual la mayor parte de las plantaciones de manzano de sidra son de carácter extensivo, no existiendo una disposición ordenada de la plantación por bloques tecnológicos y de madurez, lo cual impide un abastecimiento de manzana clasificada en función de sus aptitudes tecnológicas (ácida, dulce, amarga, etc.) y grado de maduración. No obstante, es conveniente destacar, que en la actualidad se está haciendo un importante esfuerzo de I+D dirigido a la mejora genética del manzano de sidra, a fin de obtener nuevas variedades con buenas aptitudes agronómicas y tecnológicas; además, el Principado de Asturias viene desarrollando en los últimos años actuaciones específicas para el fomento del cultivo semiintensivo de manzano de sidra en eje vertical. Todo ello, podrá garantizar en un futuro a medio plazo los requerimientos de materia prima de un sector transformador en expansión.

Ö **La tecnología prefermentativa utilizada limita la rentabilidad del proceso de elaboración de la sidra.** El sistema de prensado empleado en la actualidad es lento (dos a tres días por ciclo de prensado con un rendimiento horario medio de 250 Kg/H) y su utilización conlleva una carga importante de mano de obra. Hoy en día, se está poniendo en marcha un programa de investigación sobre el estudio de la fase prefermentativa, que en un futuro puede permitir disponer de la información necesaria para desarrollar la tecnología prefermentativa más adecuada a fin de elaborar sidra artesana con un menor coste de manufacturación y de mayor calidad.

Ö **El proceso fermentativo es conducido espontáneamente. En la tecnología tradicional de elaboración de la sidra no existe un control microbiano durante la fermentación.** Los diferentes microorganismos que crecen en un mosto de manzana en fermentación, a saber, levaduras oxidativas, débilmente fermentativas y fermentativas, bacterias lácticas y bacterias acéticas, se desarrollan de manera espontánea, estando definido el equilibrio poblacional en función de factores tecnológicos, no suficientemente controlados, como son, temperatura, mezcla de manzana y nivel de maduración del fruto, densidad celular de los microorganismos, concentración de oxígeno, etc. En este sentido, hay que resaltar que la inducción de las fermentaciones con levaduras sidreras seleccionadas por sus aptitudes tecnológicas, puede ser una actuación de gran interés para el control fermentativo y para garantizar una calidad de la sidra obtenida.

Ö **La no utilización de modernas tecnologías de estabilización limita la durabilidad del producto una vez envasado.** Las operaciones tecnológicas que habitualmente se utilizan para incrementar la estabilidad físico-química y microbiológica de la sidra, como el trasiego y la adición (en ocasiones) de estabilizantes de tipo químico, no garantizan la estabilidad exigible a un producto competitivo en los mercados actuales. Es preciso, por tanto, si se pretende introducir la sidra artesana en los mercados nacional y europeo, incorporar nuevas tecnologías de estabilización, entre las que ocupa un lugar destacado la filtración tangencial microporosa.

Ö **La diversificación de productos sidreros artesanos es escasa. En la actualidad, y a nivel de producción artesana, se elabora exclusivamente la sidra natural.** Las aptitudes sensoriales y el modo de degustación de esta bebida son singulares, y por tanto su comercialización se circunscribe a un tipo de público y lugar de consumo muy concretos. En consecuencia, con el fin de incrementar la competitividad del sector sidrero es necesario proceder a la diversificación de las producciones; en este sentido, conviene destacar la oportunidad de elaborar otros tipos de sidra, como la parcialmente dulce y seca, zumo de manzana fresco, brandy de sidra, vinagre, etc.

LA MATERIA PRIMA: MADURACIÓN, MEZCLA Y CONDICIONES HIGIÉNICO SANITARIAS

Maduración

La maduración es una etapa clave que influye notablemente en la calidad tecnológica de la manzana destinada a la elaboración de la sidra y otros derivados industriales. Algunos componentes bioquímicos que tienen una significativa influencia en el proceso de elaboración de la sidra, es el caso de los azúcares, ácidos orgánicos, compuestos nitrogenados y polifenólicos, sustancias pécticas, aromas, etc., experimentan notables cambios a lo largo de la maduración del fruto.

Como se recoge en la figura 3, el contenido de azúcares, componentes que afectan no sólo a las cualidades sensoriales de la sidra sino también al desarrollo del proceso fermentativo, se incrementa a lo largo de la maduración; en particular, la fructosa y sacarosa experimentan una notable acumulación en la fase final de la madurez. Así mismo, como se puede apreciar en la figura 3, se produce una disminución del contenido de almidón en la fase final de la maduración del fruto.

Por otro lado, una proporción de los azúcares transportados desde la hoja al fruto es transformada en almidón y ácido málico. Este ácido, es almacenado inicialmente en el fruto y posteriormente, parte del mismo, se emplea en la síntesis de azúcares. En consecuencia, en la fase final de la maduración se produce una importante disminución del

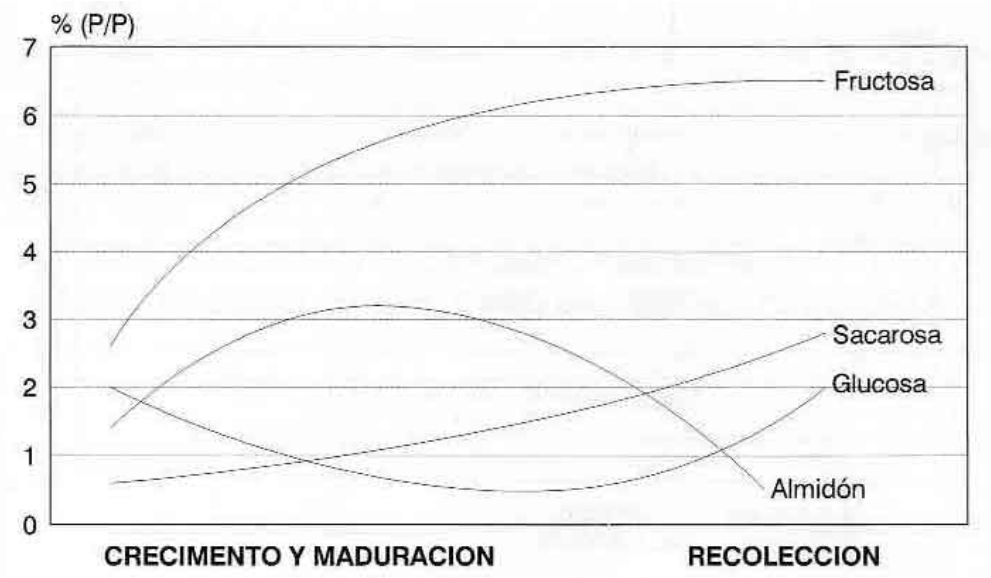


Figura 3.- Evolución de los azúcares a lo largo de la maduración de la manzana.

ácido málico (figura 4) que es simultánea con la acumulación de los azúcares y la degradación del almidón.

Asimismo, otros componentes de interés tecnológico, como los polifenoles, el nitrógeno y las pectinas, experimentan cambios importantes en las proximidades del momento de maduración óptimo, al haberse observado que la concentración de los compuestos fenólicos y el nitrógeno alcanza un mínimo con anterioridad a la acumulación de los azúcares, y el contenido de pectina aumenta notablemente en el momento óptimo de madurez (3).

Por otro lado, los compuestos volátiles evolucionan de un modo significativo durante la maduración de la manzana. A modo de ejemplo, conviene destacar la existencia de un máximo de la concentración de hexanol, hexanoato de hexilo, butirato de hexilo y acetato de isoamilo con posterioridad al pico climatérico (máxima producción de anhídrido carbónico).

Dada la importancia que tienen los azúcares (sustratos básicos para el desarrollo de la fermentación alcohólica), el ácido málico (componente responsable de la acidez del fruto y regulador del crecimiento y desarrollo microbiano), los polifenoles (comunican color, astringencia y amargor y son precursores de fenoles volátiles), las pectinas (intervienen activamente en los procesos de clarificación), los compuestos nitrogenados (son factores de crecimiento para los microorganismos) y los componentes volátiles, en la evolución del

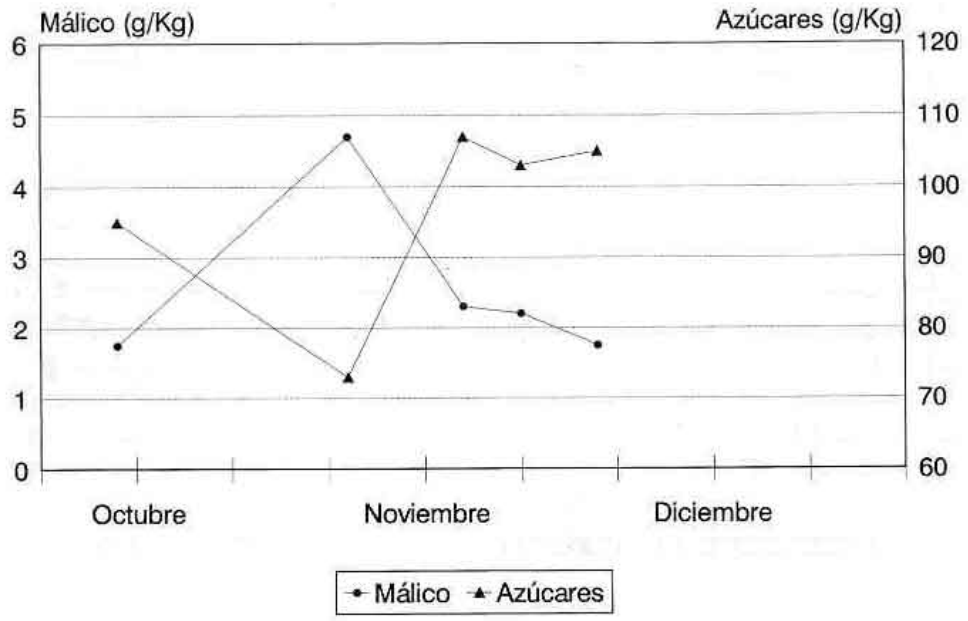


Figura 4.- Evolución de los azúcares totales y ácido málico durante la maduración de la manzana.

proceso fermentativo y cualidades organolépticas de la sidra, se puede entender la importancia de transformar el fruto en su momento óptimo de maduración.

A continuación, se comentan algunos aspectos básicos relacionados con la recolección y transformación del fruto.

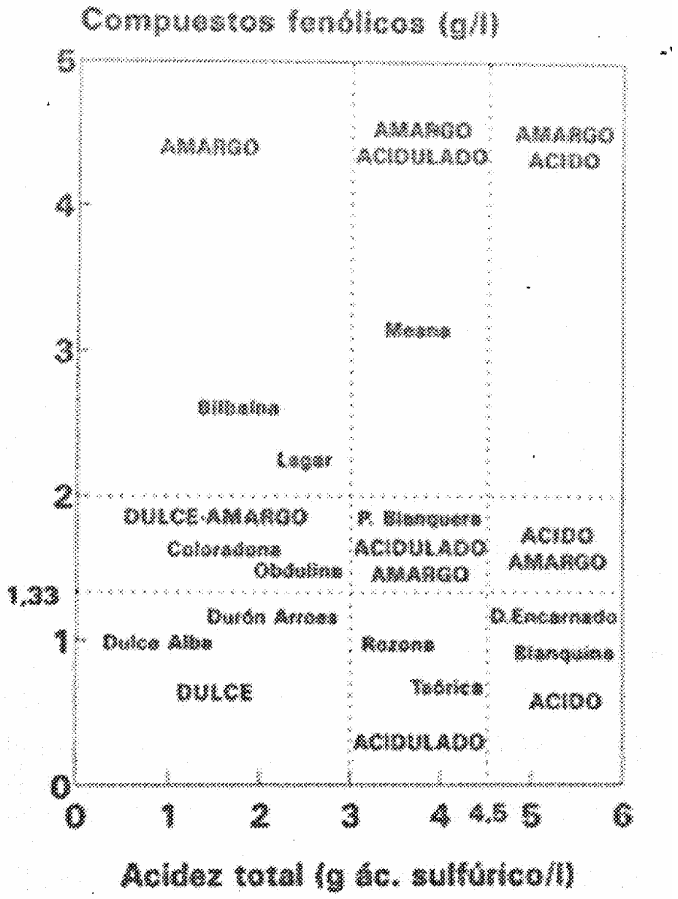
La recolección de la manzana se realizará en un estado de maduración tecnológica próximo al óptimo (utilizar el test de Lugol; nivel de almidón~2,0), evitando un almacenamiento prolongado en sacos, en particular, si las condiciones sanitarias e higiénicas de la materia prima no son las adecuadas y si la temperatura ambiente es alta (T>12oC); ello, permitirá recoger el fruto con un nivel de dureza elevado que limite los daños derivados de su manipulación durante la fase de recolección, transporte y almacenamiento. A continuación, las manzanas serán almacenadas en el lagar fuera de los sacos hasta alcanzar la madurez tecnológica óptima (nivel de almidón<1,0). Cuando la maduración tecnológica se ha producido se debe transformar la manzana.

Mezcla de manzanas

Una vez que los frutos han madurado, se procede a la mezcla de los mismos con el objeto de conseguir una composición equilibrada de los componentes de interés tecnológico.

Las variedades de manzana se pueden catalogar en diferentes bloques tecnológicos de acuerdo con su contenido en ácidos y polifenoles (4) (tabla 1).

Tabla 1.-BLOQUES TECNOLÓGICOS DE VARIEDADES DE MANZANAS SEGÚN SU CONTENIDO EN ÁCIDOS Y POLIFENOLES.



Las proporciones de los diferentes bloques tecnológicos que se consideran más apropiadas para obtener un mosto adecuado para la elaboración de la sidra se describen en la tabla 2, y la composición media del mosto obtenido a partir de la mezcla de manzana recomendada, se recoge en la tabla 3.

Tabla 2.- BLOQUES TECNOLÓGICOS. PROPORCIONES MÁS APROPIADAS PARA OBTENER UN MOSTO ADECUADO PARA LA ELABORACIÓN DE LA SIDRA.

Bloque tecnológico	%
Ácido	40
Semiácido	30-25
Dulce	10-15
Dulce-amargo	15-20
Amargo	5

Tabla 3.- COMPOSICIÓN MEDIA DEL MOSTO OBTENIDO A PARTIR DE LA MEZCLA DE MANZANA RECOMENDADA

Componentes	% (P/V)
Azúcares (fructosa+glucosa+sacarosa)	11,00
Ácidos totales (expresado como ácido sulfúrico)	0,37
Polifenoles totales (expresado como ácido tánico)	0,10
Pectina (expresada como ácido galacturónico)	0,06
Nitrógeno	0,015
Cenizas	0,24
Calcio	0,0038
EST (extracto seco total)	14,2
ESR (extracto seco reducido)	3,2

Condiciones sanitarias y de higiene de la materia prima.

Los mostos destinados a la manufacturación de sidra y otros derivados de la manzana deberán estar en condiciones higiénico-sanitarias óptimas. La manzana será cuidadosamente seleccionada, a fin de no incorporar frutos dañados o con podredumbre, y si fuese necesario, el fruto deberá lavarse, en particular, si la manzana es recolectada de forma mecánica. En este sentido, no debe olvidarse que las bacterias acéticas y lácticas y las levaduras oxidativas y débilmente fermentativas son aportadas por la manzana, especialmente cuando el fruto está dañado o no presenta buenas condiciones higiénicas.

Por otro lado, durante el almacenamiento de la manzana puede incorporarse una importante cantidad de bacterias lácticas, en especial si el grado de aireación del fruto es insuficiente y si las condiciones de almacenamiento no son apropiadas desde un punto de vista higiénico-sanitario. Las bacterias y las levaduras no fermentativas compiten con las levaduras del género Saccharomyces por los nutrientes del mosto, por lo que si las primeras se encuentran en una proporción importante se limitará el crecimiento y desarrollo de las levaduras fermentativas, inhibiéndose, en consecuencia, el proceso fermentativo.

Habitualmente, en los lagares industriales se descargan los frutos en una superficie inclinada con una pendiente aproximada del 1% y posteriormente son transportados mediante corriente de agua al molino.

TRANFORMACIÓN DEL FRUTO

La extracción del mosto se lleva a cabo en tres etapas bien diferenciadas, molienda, maceración y prensado.

Molienda

La molienda, si se emplea la prensa tradicional, se efectua mediante molinos troceadores de martillo con rodillos o de cuchillas con rodillos; el tamaño de la pulpa de manzana es determinante para conseguir la máxima eficiencia de la etapa de prensado, siendo éste inversamente proporcional al grado de dureza que presente el fruto. En caso de utilizar sistemas de prensado rápidos, es necesario emplear molinos ralladores. Por otro lado, el material que entra en contacto con el fruto y con el mosto será de acero inoxidable, a fin de evitar la incorporación de metales como el hierro y cobre.

Maceración

La maceración es una etapa que se produce necesariamente en caso de utilizar un prensado lento (de 2 a 4 días de maceración en la prensa). En general, para el caso de los prensados rápidos, cabe considerar que una maceración de 6 a 8 horas es un proceso que

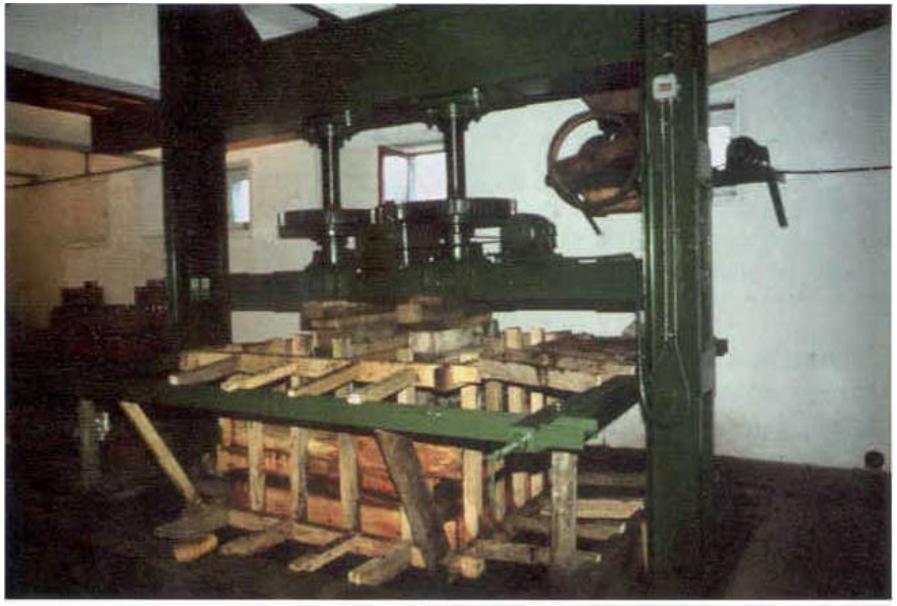


Figura 5.- Prensa mecánica de doble husillo

Figura 6.- Prensa hidráulica horizontal de pistón

mejora el rendimiento en mosto, facilita la clarificación prefermentativa de éste y promueve la síntesis de aromas. El tiempo de maceración que se debe utilizar, está estrechamente relacionado con la temperatura de proceso y las condiciones higiénico-sanitarias de la materia prima; si la temperatura es elevada (p.e., T>12oC) y existe un proporción importante de manzana dañada y en condiciones higiénicas deficientes, se deberá limitar, tanto como sea posible, el tiempo de maceración.

Prensado

Por lo que se refiere al prensado, conviene destacar que en el caso de la sidra natural se emplean prensas de cajón mecánicas o hidráulicas discontinuas (figura 5) que se caracterizan por utilizar un tiempo prolongado de prensado (2-4 días), durante el cual se llevan a cabo diversos "cortes" de la masa de prensado con el objeto de facilitar la extracción del mosto e incrementar el rendimiento de esta etapa (65-75%). Sin embargo, en el caso de la elaboración de la sidra industrial, se utilizan sistemas de prensado más rápidos, (Figura 6) lo que supone un ahorro notable de tiempo y mano de obra, a la vez que con su empleo se limitan de manera significativa las alteraciones microbianas.

Actualmente, las técnicas rápidas de extracción utilizan mecanismos hidráulicos, neumáticos y de bandas (5).

Las prensas hidráulicas pueden ser verticales de bandejas u horizontales de pistón. Los sistemas verticales de bandejas operan en discontinuo y precisan una cantidad notable de mano de obra; por el contrario, las prensas horizontales de pistón pueden ser automatizadas, lo que limita notablemente los costes de transformación; generalmente, los mostos obtenidos a partir de ambos sistemas poseen un nivel discreto de sólidos en suspensión, al disponer, en el primer caso, de telas que recogen la manzana molida y en el segundo, de varillas flexibles recubiertas de una fibra sintética. Los rendimientos que se obtienen con el empleo de este tipo de prensas están en el intervalo, 70%-75%, pudiendo alcanzar presiones de 20 atm (figura 6).

Las prensas neumáticas (figura 7) utilizan aire a presión para la extracción del mosto. Están formadas por un cilindro rotatorio con un tubo de goma inflable en su interior, teniendo la superficie del cilindro una malla de acero inoxidable que tiene adosada una tela de nailon. Este tipo de prensas puede alcanzar presiones comprendidas entre 5 y 6 atm, si bien lo habitual es no superar las 2 atm; de igual modo que las hidráulicas horizontales, poseen un nivel elevado de automatismo.

Las prensas de bandas (figura 8) trabajan con dos telas sin fin, que son desplazadas mediante rodillos a través de los cuales el mosto es extraído de manera continua.

Figura 7- Prensa neumática

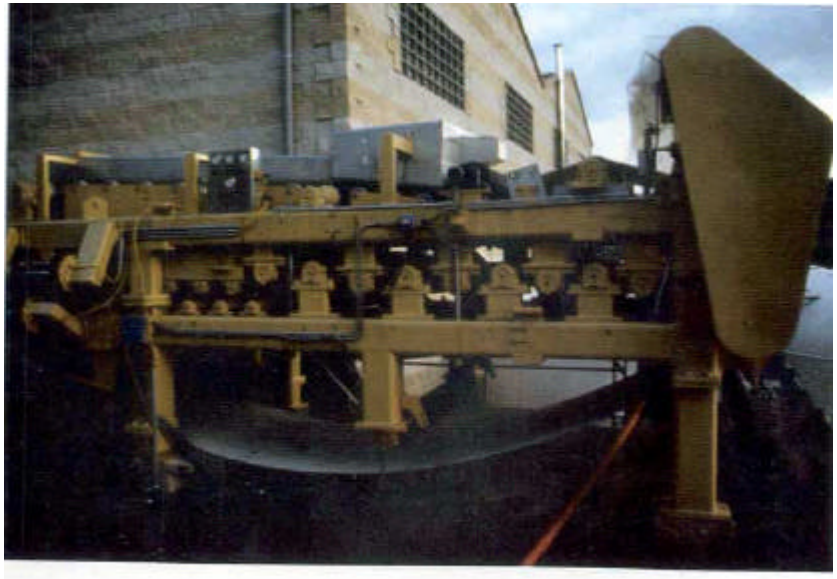


Figura 8.- Prensa de bandas

Las extracciones efectuadas con sistemas de prensado rápidos, en particular los sistemas continuos, producen mostos con una carga de sólidos en suspensión más elevada que los sistemas tradicionales de prensado; ello obliga a efectuar una etapa de clarificación prefermentativa, a fin de disminuir la concentración de sólidos, microorganismos y sustancias nitrogenadas; de este modo, se consigue una velocidad fermentativa más baja, sidras más aromáticas y un incremento de la estabilidad de éstas.

CLARIFICACIÓN DEL MOSTO

Para llevar a cabo la clarificación prefermentativa del mosto, se pueden emplear diferentes procedimientos, a saber: técnicas físicas, bioquímicas y químicas.

Técnicas físicas

Entre los procedimientos más utilizados de tipo físico, cabe señalar la sedimentación y la centrifugación.

a) Sedimentación

La sedimentación se lleva a cabo generalmente de manera dirigida (desfangado) mediante la adición de agentes químicos de acabado como la bentonita.

b) Centrifugación

La centrifugación es una técnica que separa los sólidos en función de su masa; presenta el inconveniente de alterar el equilibrio poblacional de los diversos microorganismos (levaduras y bacterias) que van a realizar el proceso fermentativo, como consecuencia de las diferencias existentes en su masa; sin embargo, este inconveniente puede ser superado si realizamos a continuación una inducción con levaduras seleccionadas del género Saccharomyces.

Técnicas bioquímicas

Entre las técnicas de tipo bioquímico, conviene resaltar la defecación y la clarificación enzimática.

a) Defecación enzimática

La defecación enzimática es un proceso de clarificación que consiste en la adición de una enzima, la pectínmetilesterasa (PME), cuya función es desmetilar los ácidos pectínicos transformándolos en ácido péctico, y una sal de calcio (cloruro cálcico) con el

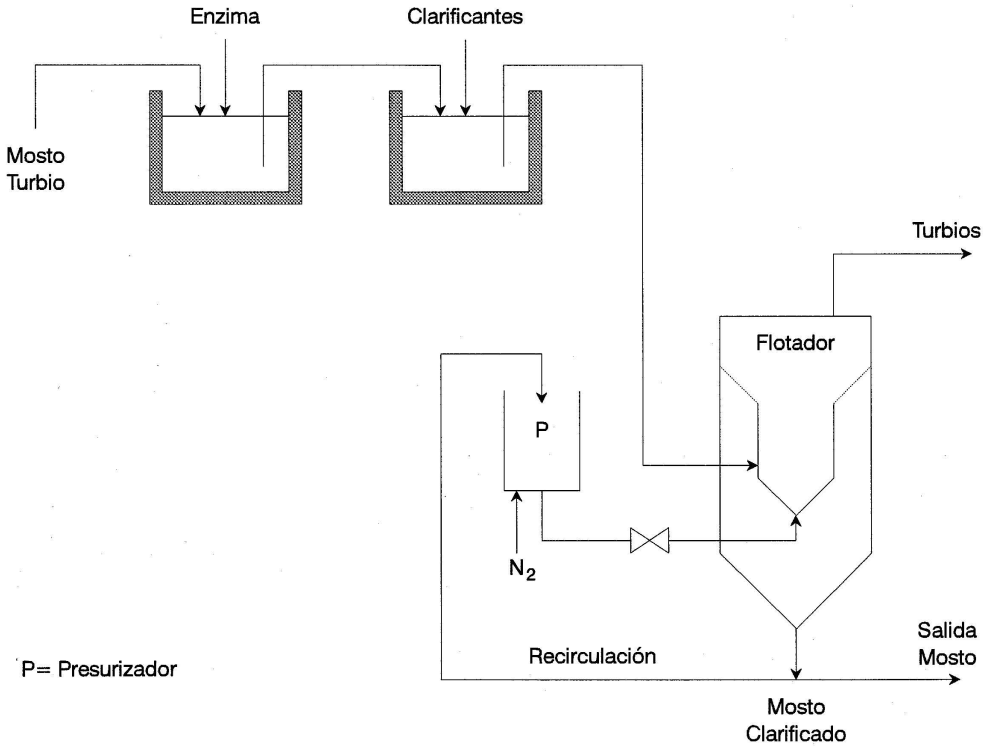


Figura 9.-Esquema de un sistema de flotación para la clarificación del mosto

objeto de complejar el ácido péctico. Como consecuencia de ello, se forma un gel de pectato cálcico que, una vez retraído, asciende a la superficie del tanque de clarificación empujado por el anhídrido carbónico liberado por el comienzo de la fermentación alcohólica, atrapando impurezas y microorganismos y produciendo la clarificación del mosto (6).

Las condiciones más adecuadas, en el caso de mostos de manzana con un contenido notable en ácido málico, para llevar a cabo la defecación enzimática son: T= 11 oC; [Ca]= 10 mM; [PME]= 12 ue L-1. Este proceso, está fuertemente influenciado por la temperatura; si se trabaja a una temperatura muy baja la actividad enzimática de la PME disminuye considerablemente, y por el contrario, si es elevada, la actividad microbiana aumenta, produciéndose una degradación de las pectinas antes de que éstas puedan ser coaguladas por el calcio.

Por otra parte, la concentración óptima de calcio está en función del contenido en ácidos orgánicos, ya que, es bien conocido que el calcio es fácilmente complejado por el ácido málico, por lo que la cantidad disponible de calcio para coagular las pectinas se reduce notablemente cuando la mezcla de manzana empleada tiene características ácidas o semiácidas.

b) Clarificación enzimática

La clarificación convencional consta de dos etapas; en la primera(etapa bioquímica), se realiza un tratamiento enzimático con un complejo pectolítico formado por pectínmetilesterasa + poligalacturonasa + pectín liasa (PME+PG+PL); posteriomente, se añaden diversos agentes clarificantes (etapa química) entre los que cabe señalar: gelatina, albúmina, caseína, gel de sílice, tanino y bentonita.

La eficacia del proceso de clarificación está determinada por diversos factores: concentración de Fe3+ y cationes alcalinos y alcalino-térreos, nivel de oxígeno, pH, temperatura y la relación PME/PG (7).

Tanto la defecación enzimática como la clarificación convencional son procesos que pueden desarrollarse en continuo utilizando la tecnología de flotación. Un esquema de un sistema de flotación se describe en la figura 9. Como se recoge en esta figura, el mosto turbio es mezclado en las proporciones convenientes con las enzimas pectolíticas y los agentes clarificantes; a continuación, la mezcla llega al flotador donde se inyecta un gas inerte, con el fin de llevar los flóculos y turbios a la superficie, donde son eliminados.

FERMENTACIÓN

La fermentación es una sucesión de transformaciones bioquímicas de los componentes del mosto de manzana y de los productos resultantes de éstos, llevadas a cabo por levaduras, bacterias lácticas y bacterias acéticas.

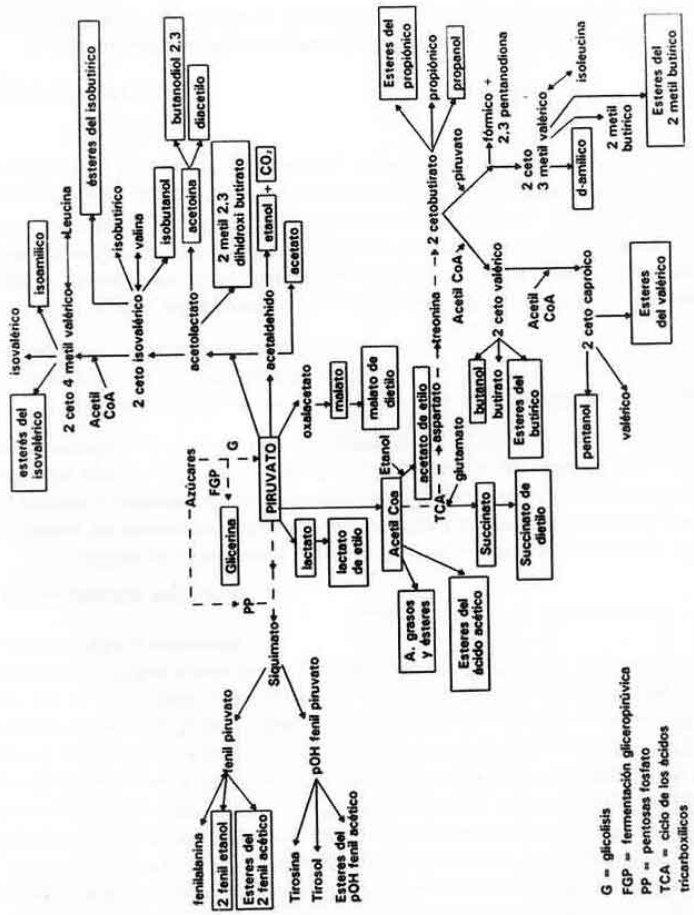


Figura 10.- Productos secundarios de la fermentación alcohólica

El proceso bioquímico más relevante que se produce una vez finalizada la etapa prefermentativa es la fermentación alcohólica. Ésta, es llevada a cabo por levaduras fermentativas del género Saccharomyces (8). Durante la fermentación alcohólica, los azúcares, fructosa, glucosa y sacarosa, son transformados en un gran número de componentes bioquímicos (figura 10), entre los que destaca el etanol y el gas carbónico como productos mayoritarios.

Asimismo, de manera simultánea, y en especial al comienzo del proceso fermentativo, una parte de los azúcares presentes inicialmente en el mosto, del 5 al 10%, son transformados en glicerina y ácido pirúvico a través de la fermentación glícero-pirúvica.

La evolución de la tasa de microorganismos a lo largo del proceso fermentativo sigue el modelo de Monod (figura 11), en que se pueden distinguir seis fases: 1ª- latencia, 2ª- aceleración, 3ª- exponencial, 4ª- deceleración, 5ª- estacionaria y 6ª- declinación. En la fase de latencia, la tasa de crecimiento es nula y las levaduras están adaptándose a las nuevas condiciones existentes, comenzando a incrementarse dicha tasa en la etapa de aceleración. La duración de estas dos fases está en función de las condiciones existentes en elmosto de manzana para el desarrollo celular. A lo largo de la fase exponencial (fermentación tumultuosa), la tasa de crecimiento es constante y máxima. Posteriormente, se alcanzan las fases de deceleración y estacionaria (fermentación lenta), donde se comienza a detectar la limitación de los factores de crecimiento.

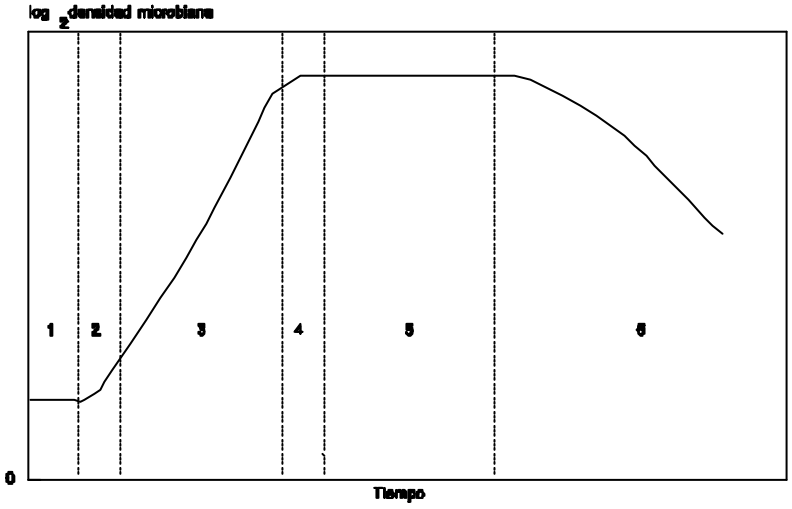


Figura 11.-Evolución teórica de la tasa de microorganismos durante la fermentación.

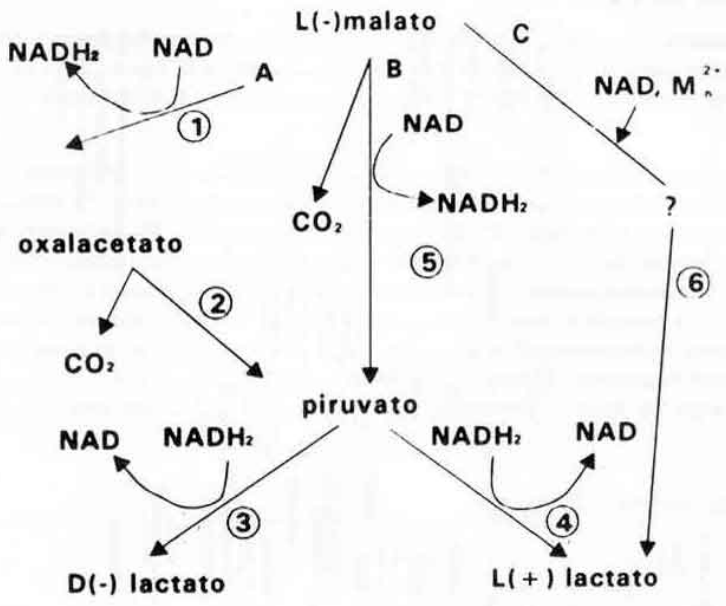


Figura 12.- Esquema bioquímico de la fermentación maloláctica

Durante la etapa de declinación,la población de levaduras comienza a disminuir y se produce la autolisis de éstas, liberándose al medio líquido sus constituyentes, lo que estimula el crecimiento de la flora láctica, provocando ello, generalmente, el comienzo de la fermentación maloláctica.

Este proceso, llevado a cabo por bacterias lácticas (p.e., leuconostoc oenos), consiste en la conversión bioquímica del ácido L(-) málico en L(+) láctico (figura 12).

La evolución de la fermentación maloláctica está condicionada por la composición de la sidra (pH, etanol, polifenoles, SO2, etc.), la densidad celular de bacterias malolácticas, el tipo de levadura que haya llevado a cabo la fermentación alcohólica y la presencia de bacterias acéticas. En este sentido, conviene destacar que la flora levaduriforme produce, además de etanol, otros inhibidores del crecimiento de las bacterias lácticas, como determinados polipéptidos y ácidos grasos (hexanoico, octanoico y decanoico); sin embargo, la presencia de productos de autolisis de las levaduras estimula el crecimiento de la flora láctica. Por otro lado, el desarrollo de las bacterias acéticas en los primeros estadios de la fermentación favorece la fermentación maloláctica.

La conversión maloláctica produce importantes cambios sensoriales en la sidra, al llevarse a cabo una notable pérdida de acidez (liberación de anhídrido carbónico) y un aumento de determinados componentes volátiles, principalmente: ácidos, ésteres (succinato de dietilo, acetato de etilo, lactato de etilo, etc.) y alcoholes (1-propanol, 2-butanol, 1-hexanol, etc.). Además, la realización de este proceso bioquímico promueve una mayor estabilidad microbiológica.

La transformación maloláctica, como ha sido señalado, se lleva a cabo de manera simultánea con la fermentación alcohólica lenta, si bien hay que tener en cuenta que determinados factores tecnológicos, como el prensado y la clarificación prefermentativa , pueden afectar de tal modo al desarrollo de la flora levaduriforme y bacteriana, que ambos procesos bioquímicos se desarrollen separadamente; por ejemplo, se ha detectado que un prensado rápido seguido de una defecación enzimática retrasa el comienzo de la fermentación maloláctica. Este hecho, tiene una importancia tecnológica notable, habida cuenta que determinadas bacterias lácticas fermentadoras del ácido málico pueden provocar alteraciones microbianas muy importantes(p.e., "filado" y picado láctico)al disponer en el medio líquido de fuentes de carbono de fácil metabolización como los azúcares y los ácidos orgánicos.

Los microorganismos mejor adaptados a las condiciones posfermentativas son las bacterias lácticas, mientras que las bacterias acéticas, al ser microorganismos aerófilos, tienen mayor dificultad para su desarrollo; sin embargo, hay que tener en cuenta que si se almacena la sidra en recipientes de madera o existe una cámara de aire en el tonel, puede

haber una concentración suficiente de oxígeno que permita un desarrollo adecuado de las bacterias acéticas y de levaduras débilmente fermentativas y oxidativas.

No obstante, hay que resaltar que la actividad microbiana está regulada por la existencia de factores de crecimiento y superviviencia y por la ausencia de toxinas. En particular, el nitrógeno es uno de los factores de crecimiento más importantes que influye notoriamente en la estabilidad microbiológica de la sidra. Su concentración puede estar determinada por diversos factores, principalmente: las condiciones agroecológicas del cultivo, variedad de manzana, estado de madurez e higiénico-sanitario de la materia prima, lavado del fruto, sistema de extracción, clarificación prefermentativa, capacidad floculadora de los microorganismos, filtración, centrifugación y trasiego.

Control del proceso fermentativo

A lo largo de la fermentación es preciso llevar a cabo un control riguroso de la densidad del mosto, lo que permite controlar la velocidad fermentativa. La determinación de la densidad tiene un gran interés, ya que, existe una estrecha relación entre este parámetro, la cantidad de azúcar y el grado alcohólico potencial; p.e., para una densidad D=1.050,0 g/L, equivalente a 107,5 g/L de azúcar, el grado alcohólico en potencia es de 6,35o. Asímismo, a fin de conocer la evolución de la fermentación maloláctica, es conveniente realizar un control semicuantitativo (mediante cromatografía de papel) de los ácidos málico y láctico.

Por otro lado, la temperatura de fermentación y conservación de la sidra se debe mantener entre 12oC y 14oC. Una temperatura excesivamente baja al comienzo de la fermentación no favorece un equilibrio apropiado entre levaduras salvajes débilmente fermentativas (p.e., Kloeckera apiculata) y levaduras fermentativas del género Saccharomyces (p.e., Saccharomyces cerevisiae cerevisiae), y por el contrario, si la temperatura es elevada los riesgos de alteraciones microbianas se incrementan notablemente.

Así mismo, durante la fermentación y conservación de la sidra los toneles no deberán tener cámara de aire, para lo cual es preciso realizar sistemáticamente rellenos mediante mosto o sidra de buenas cualidades aromáticas.

En caso de producirse una parada fermentativa (la densidad permanece constante en el tiempo), en especial si la temperatura de fermentación no es excesivamente baja, p.e., si T>8oC, es necesario proceder a un urgente control microbiológico. Si existe un desequilibrio poblacional entre las levaduras fermentativas y el resto de microorganismos, es imprescindible activar la fermentación mediante la inoculación de levaduras seleccionadas (pié de cuba).

El trasiego, es una operación tecnológica que habitualmente se realiza al final del proceso fermentativo; tiene como objeto, separar las borras de fermentación de la sidra a fin de garantizar una adecuada estabilidad físico-química y microbiológica de ésta. Esta operación es imprescindible llevarla a cabo al abrigo del aire y preferiblemente en días fríos y con alta presión atmosférica.

A lo largo de la conservación en el tonel, la sidra experimenta una notable evolución sensorial. Con carácter general, se observa un incremento del contenido de la acidez volátil debido a la actividad de las bacterias lácticas y acéticas. Como consecuencia de ello, es necesario efectuar periódicos controles de dicha acidez con el objeto de conocer el grado de acetificación de la sidra; de este modo, se podrán realizar las correcciones oportunas en caso de detectar alteraciones microbianas importantes que puedan limitar la venta del producto elaborado.

EMBOTELLADO

Cuando la densidad sea inferior a 1.000,0, o bien ésta permanezca constante en el tiempo con una estabilidad microbiológica suficiente (p.e., a lo largo de ocho días), y las cualidades aromático-gustativas y de turbidez del producto así lo aconsejen, se procederá al embotellado de la sidra. Esta operación se realizará en las mismas condiciones ambientales descritas para el trasiego. Igualmente, el embotellado debe llevarse a cabo evitando el contacto de la sidra con el aire.

Antes de proceder al embotellado, es necesario comprobar la estabilidad de la sidra a las oxidaciones y a las condiciones de anaerobiosis (baja concentración de oxígeno) que se producen a lo largo de la conservación en botella.

El oscurecimiento que se puede desarrollar cuando la sidra se mantiene en contacto con el aire durante algunos minutos puede ser corregido por adición de 10 g/hL de ácido ascórbico. En algunos casos, además, puede ser necesaria la adición de ácido cítrico en una proporción de 50 g/hL. Sin embargo, la medida preventiva más interesante a nivel tecnológico es evitar el contacto del mosto y/o la sidra con metales como el hierro y el cobre.

El test de estabilidad frente a las condiciones de anaerobiosis que se producen en la botella, se lleva a cabo envasando una pequeña proporción de sidra y conservándola durante 15 días a una temperatura comprendida entre 25oC y 30oC. En caso de detectar durante este período de tiempo un proceso de "filado", será necesario proceder a un trasiego de la sidra almacenada en el tonel, incorporando simultáneamente de 10 a 12 g/hL de metabisulfito potásico, 5 g/hL de tanino enológico, y se fuese necesario, ácido cítrico en proporciones variables en función de la acidez fija de la sidra (diferencia entre la acidez total y volátil). En estas condiciones, es necesario consumir rápidamente la sidra, ya que, existe el riesgo de que la alteración pueda desarrollarse de nuevo.

El tapón de corcho es un elemento básico para conservar adecuadamente la sidra en la botella, en consecuencia, se debe utilizar tapones de alta calidad, con la menor porosidad posible y mínima concentración de microorganismos. La cámara de aire existente entre el nivel del líquido y el tapón deberá reducirse. El grado de penetración del tapón de corcho, determina notablemente las condiciones de conservación de la sidra; el tapón no deberá hundirse en la botella ni sobresalir de la misma.

ALTERACIONES DE LA SIDRA Y SUS CORRECCIONES

Las alteraciones más importanes que se desarrollan en la sidra son de carácter microbiano y son producidas generalmente por levaduras oxidativas y débilmente fermentativas y por bacterias lácticas y acéticas. Dentro del grupo de bacterias, los microorganismos que más afectan al deterioro de la calidad de la sidra son las bacterias lácticas, ya que, habitualmente, las condiciones de conservación son microaerófilas y, por tanto, la flora acética y otros microorganismos aerófilos tienen dificultades para desarrollarse adecuadamente.

Las bacterias lácticas pueden utilizar los azúcares residuales de la fermentación alcohólica para efectuar una fermentación homoláctica o heteroláctica, en función del tipo de bacteria que se considere.

El proceso homoláctico es llevado a cabo por bacterias lácticas del género Pediococcus y Lactobacillus homofermentadores; la metabolización de los azúcares, en este caso, conduce a la formación casi exclusiva de ácido láctico. Sin embargo, las bacterias lácticas del género Leuconostoc y Lactobacillus heterofermentadores producen, en la metabolización de los azúcares, ácido láctico y otros productos secundarios como acético, etanol, glicerina, etc. En consecuencia, el proceso heteroláctico incrementa el contenido de ácido acético dando origen al ***Picado Láctico***; esta alteración, está favorecida por la presencia de oxígeno y fructosa.

Los ácidos orgánicos, también son metabolizados por la flora bacteriana. A modo de ejemplo, conviene destacar que el ácido láctico puede ser transformado mediante una Oxidación Anaerobia en acético y anhídrido carbónico. Asímismo, las bacterias lácticas del género Leuconostoc transforman el ácido cítrico en acetoína y diacetilo; estos compuestos, alteran notablemente las características sensoriales de la sidra.

Otra importante alteración microbiana que en ocasiones se produce en la sidra es la ***Framboisé*** (9); este proceso, se pone de manifiesto por la presencia de un sabor y olor muy desagradable, que es consecuencia de una gran acumulación de acetaldehído. Además, en las sidras alteradas se observa una fuerte turbidez que se debe a la combinación del acetaldehído y los polifenoles. La existencia de un elevado porcentaje de acetaldehído, promueve la acumulación de otros componentes que pueden alterar notablemente el aroma de la sidra, principalmente: acetoína, diacetilo y tioacetaldehído.

Sin lugar a duda, una de las alteraciones más significativas que se pueden desarrollar durante la elaboración de la sidra es el Filado. Se caracteriza por un aumento espectacular de la viscosidad de la sidra que le comunica un aspecto aceitoso, no pudiendo por ello ser destinada al consumo directo. Esta alteración está producida por determinadas bacterias lácticas pertenecientes al género Leuconostoc (de un modo tentativo se ha descrito la presencia de Leuc. mesenteroides), cocos homofermentadores del género Pediococcus y bacilos heterofermentadores de la especie L. collinoides.

La viscosidad observada se produce como consecuencia de la formación de un polisacárido, no nitrogenado, estructurado a partir de unidades de galactosa, glucosa, manosa, arabinosa y ácido galacturónico.

Asimismo, se ha sido descrito que el Filado se desarrolla más favorablemente en presencia de otros microorganismos, como bacterias acéticas del género Acetobacter y levaduras débilmente fermentativas y oxidativas pertenecientes a los géneros Debaryomyces y Candida.

Las bacterias lácticas también son capaces de metabolizar la glicerina, dando lugar a la alteración denominada Amargor; como consecuencia de ello, se produce acroleína y otros productos secundarios del metabolismo del ácido pirúvico, principalmente: acetoína, diacetilo y ácido acético. La acroleína es la responsable de las características sensoriales detectadas en las sidras que han experimentado esta alteración, al interaccionar este aldehído con los compuestos fenólicos.

Las alteraciones producidas por las bacterias lácticas, pueden ser fácilmente detectadas por la presencia simultánea de los ácidos D-láctico y acético y por la existencia de aminas, p.e histamina, que tienen su origen en la descarboxilación de los aminoácidos.

Como ha sido señalado, las bacterias acéticas son microorganismos aerófilos, que en presencia de oxígeno son capaces de llevar a cabo diversas alteraciones en la sidra. Sin lugar a duda, la alteración más conocida, que es el fundamento de la producción del vinagre, es el Picado Acético. Esta alteración consiste en la oxidación del etanol a ácido acético.

Las bacterias acéticas del género Acetobacter pueden oxidar también el ácido acético, convirtiéndolo en anhídrido carbónico y agua. El etanol ejerce un efecto inhibidor sobre determinadas enzimas implicadas en la oxidación del ácido acético, y en consecuencia, durante la oxidación de este alcohol, el riesgo de oxidación del ácido acético aumenta a medida que se transforma más etanol.

Por otra parte, las bacterias acéticas forman cuerpos cetónicos a partir de los azúcares y polialcoholes. En este sentido, conviene destacar que a partir de la glucosa se puede formar 5 ceto glucónico, 2 ceto glucónico y 2,5 diceto glucónico, el sorbitol puede transformarse en 5 ceto fructosa y la glicerina se puede convertir en dihidroxiacetona. Estos compuestos cetónicos poseen una gran capacidad de bloqueo del anhídrido sulfuroso, que en ocasiones es utilizado para limitar las oxidaciones y el desarrollo de los microorganismos.

Las alteraciones motivadas por levaduras, se deben casi exclusivamente a la presencia de levaduras débilmente fermentativas, es el caso de Kloeckera apiculata, y levaduras oxidativas, p.e., las pertenecientes a los géneros Candida y Pichia.

El crecimiento de K. apiculata se produce fundamentalmente en los primeros estadios de la fermentación; su desarrollo puede inhibir la actividad de las levaduras fermentativas del género Saccharomyces, al tener algunas cepas de K. apiculata la capacidad de segregar toxinas "Killer". Un crecimiento desmesurado de levaduras débilmente fermentativas, viene acompañado de un fuerte incremento de la concentración de los acetatos de etilo e isoamilo (Gusto a Éster).

Por el contrario, las levaduras oxidativas de los géneros Candida y Pichia, crecen fundamentalmente en la etapa posfermentativa, en particular si existe una cámara de aire en el recipiente, formando un film denominado Velo (10). Su actividad sobre el etanol produce un incremento de la concentración del ácido acético, acetaldehído, acetato de etilo y acetato de isoamilo.

Recomendaciones para evitar o limitar el desarrollo de las alteraciones microbianas en la sidra

A fin de evitar o limitar el desarrollo de las alteraciones microbianas en la sidra, cabe hacer las siguientes consideraciones:

☞Blanquear las paredes del lagar por medio de una mezcla de cal viva y sulfato de cobre (10:1).

☞Limpieza exhaustiva de los elementos del molino que entran en contacto con el fruto y el mosto, mediante una solución de sosa al 5%(5 Kg por 100 litros de agua); a continuación, se elimina la sosa por lavado con abundante agua.

☞Limpieza y mechado de los toneles. Los recipientes de fermentación se lavarán con una solución de sosa al 5%, se aclararán posteriormente con abundante agua hasta que el pH sea neutro y, una vez eliminada el agua de aclarado, se quemará azufre en el interior del recipiente a razón de 2 g/hL, evitando que el azufre líquido entre en contacto con el tonel.

☞Lavado y selección de la materia prima; las condiciones higiénico-sanitarias serán óptimas.

☞Mezcla apropiada de manzana, a fin de tener una concentración suficiente en ácidos y compuestos fenólicos y un nivel bajo en componentes nitrogenados.

☞Procesado del fruto en el momento óptimo de maduración tecnológico. La etapa de maceración en la prensa, deberá limitarse si la temperatura ambiente es elevada y si las condiciones higiénico sanitarias de la materia prima no son las adecuadas.

☞En caso de detectarse una proliferación excesiva de bacterias y levaduras débilmente fermentativas en la etapa prefermentativa, será necesario llevar a cabo una clarificación prefermentativa y posteriormente se inducirá la fermentación alcohólica con levaduras seleccionadas del género Saccharomyces.

☞Durante el proceso fermentativo y en todas las operaciones tecnológicas, la sidra se mantendrá al abrigo del aire. Únicamente, en caso de detectarse la alteración del Filado será preciso incorporar a la sidra un cierto nivel de oxígeno, mediante trasiego con aireación, con el objeto de facilitar el tratamiento de ésta.

☞A lo largo de la etapa de maduración de la sidra, se deben realizar controles periódicos de la acidez volátil, particularmente si la temperatura ambiente es alta; en caso de observar una subida de esta acidez, se debe incorporar sulfuroso en concentraciones moderadas(p.e., 30-50 mg/L) y si fuese necesario(acidez fija inferior a 50 meq/L) corregir la acidez mediante la adición de ácido cítrico.

ESTUDIO ECONÓMICO

En el cuadro I, se recoge una descripción de los datos económicos relativos a un lagar de 5.000 Hl destinado a la venta de sidra natural; para este estudio, se han tenido en cuenta los factores siguientes: la inversión inicial y los costes variables, fijos y financieros.

De éste estudio, se desprende que considerando un precio de venta mínimo de 105 ptas/botella, se obtiene una rentabilidad del 15% y unos beneficios anuales totales de 4.626 Mptas.

CUADRO I.- ESTUDIO ECONOMICO DE UN LAGAR DE 500.000 LITROS

INVERSION INICIAL	CANTI-DAD	PRECIO Ptas	COSTE Ptas
Edificios			
Obra civil (m2)	800	55000	44000000
Instalación eléctrica			1500000
Manzanero y zona de descarga	400	10000	4000000
Total			49500000
Maquinaria			
Prensa (15.000 Kg)	3	5500000	16500000
Cinta transportadora y escogedor de	1	425000	425000
manzana	1	500000	500000
Bomba agua arrastre de manzana (150	1	300000	300000
m3/h)	1	700000	700000
Filtro de agua	1	225000	225000
Mayadora	1	140000	140000
Bomba de trasiego (5.000 litros/h)	1	550000	550000
Bomba de trasiego (12.000 litros/h)	1	13500000	13500000
Bomba mono de llenado (3.500 litros/h)	1	300000	300000
Lavadora (4.000 bot/h)	1	7500000	7500000
Máquina de lavar a presión	1	5800000	5800000
Camión y carretilla elevadora	1	3300000	3300000
Grupo de embotellado (3.000 b/h)	4	50000	200000
Etiquetadora	1	500000	500000
Cintas transportadoras de botellas	1	75000	75000
Transporte y montajes	100	900	90000
Bomba a presión			100000
Manguera (m)			50705000
Racores, empalmes de mangueras, etc.			
Total			
Tonelería y depósitos			
Depósitos fibra de 20.000 litros	14	500000	7000000
Toneles de madera de 20.000 litros	12	1100000	13200000
Toneles de madera de 7.000 litros	4	385000	1540000
Barricas de madera de 250 litros	10	7000	70000
Botellas de sidra de 3/4	108000	27	2916000
Cajas de plástico (12 botellas)	9000	500	4500000
Tinas para la prensa	4	25000	100000
Cisterna para sedimentación de turbios	1	115000	115000
Total			29441000
Inversión total			**129646000**

CUADRO I (Bis)- ESTUDIO ECONOMICO DE UN LAGAR DE 500.000 LITROS

COSTES VARIABLES	CANTI-DAD	PRECIO (Ptas)	COSTE (Ptas)
Manzana (Kg)	715000	35	25025000
Corchos	670000	5	3350000
Energía			500000
Agua (m3)	800	80,25	64200
Productos limpieza, desinfección y enológicos			1000000
Mano de obra eventual	12	140000	1680000
- Prensado + llenado (3 personas X 4	12	40000	480000
meses)			1000000
- Seguridad social			600000
Carburante	640000	1	640000
Mantenimiento			34339200
Etiquetas			
Total			
COSTES FIJOS			
Amortización			6502383
Mano de obra fija	3	1700000	5100000
Seguro del camión			150000
Licencia fiscal			80000
Seguridad social			1500000
Asesoría fiscal			180000
Total			13512383
COSTES FINANCIEROS			
Interés sobre el Activo Fijo (10%)			12964600
Interés sobre el Activo Circulante (8,5%)			1757341
Total			14721941
RESULTADOS			
Coste total anual	62573524		
Botellas vendidas	640000		
Coste medio por botella	97,77		
Precio de venta por botella	105		
Ingresos totales	67200000		
Beneficios totales	4626476		
Rentabilidad	15%		

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a Carmen Medina Vigil por la colaboración prestada en la realización del estudio económico.

BIBLIOGRAFÍA

(1) MAPA (1982-91). Anuarios de Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación; Subdirección General de Estadística y Análisis Sectorial, Servicio de Estadísticas Agrarias.

(2) PRINCIPADO DE ASTURIAS (1995). La industria agroalimentaria en Asturias 1988-1992. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias (Ed.), SADEI y Consejería de Medio Rural y Pesca, 95-109.

(3) MANGAS J.J. (1992). Maduración de la manzana y tecnología de elaboración de zumos y sidras. Tesis Doctoral, Departamento de Química-Física y Analítica. Universidad de Oviedo.

(4) DAPENA E. (1988). Estudio agronómico y tecnológico de variedades asturianas de manzano de sidra. Seminario de Investigación. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo.

(5) BUMP V. (1989). Apple pressing and juice extraction. En: Processed Apple Products. Downing D.L.(Ed.), Van Nostrand Reinhold, NY, 53-80.

(6) DRILLEAU J.F. (1980). La Fabrication du cidre sort de l'empirisme. Alimentation, 80, 43-45.

(7) RIBEREAU-GAYON J., PEYNAUD E., RIBEREAU-GAYON P. y SUDRAUD P. (1977). Clarification des vins par collage. En: Sciences et Techniques du Vin. Dunod, Paris, 121-129.

(8) BEECH F.W. y CARR J.G. (1977). Cider and perry. En: Alcoholic Beverages, Rose A.H. (Ed.), Academic Press, NY, 179-181.