FRUHPH: Aplicación de las Ultra Altas Presiones por Homogeneización en zumos de Fruta y vinos para la mejora de la calidad y la conservación sin aditivos

Resumen

La Ultra Alta Presión de Homogeneización (UHPH) es una tecnología física emergente con potenciales aplicaciones en la industria alimentaria. La UHPH es una técnica no térmica, rápida y eficiente que puede esterilizar líquidos a bajas temperaturas debido a su alta capacidad de inactivación de microorganismos por disrupción celular, así como la inactivación de enzimas oxidativas que podrían deteriorar la calidad del producto. El tratamiento por UHPH permite obtener alimentos fluidos con una vida útil mejorada y con una muy buena estabilidad fisicoquímica y sensorial, alineándose con una tendencia de mercado actualmente creciente.

El presente proyecto pretende explorar las aplicaciones de la tecnología de la UHPH en dos ámbitos alimentarios: (1) en el campo de los zumos de fruta para obtener zumos y concentrados menos procesados, evitando la filtración esterilizante o tratamientos térmicos agresivos y, (2) en el sector vinícola, aplicando esta tecnología emergente en diferentes etapas del proceso de vinificación: en el mosto antes de la fermentación, en vino tranquilo y vino base para elaborar espumoso, en vino tinto destinado a crianza, en vinos dulces o en lías, permitiendo la reducción de la adición de sulfitos y reduciendo o eliminando la población microbiana indígena o contaminante. En general, el objetivo es obtener zumos, mostos y vinos con menos aditivos (sulfitos) y menos procesados, pero con una óptima y mejorada calidad sensorial y nutricional.

Objetivos

El objetivo principal del proyecto es probar la tecnología UHPH como tecnología física no térmica para la estabilización de bebidas de origen vegetal como es el vino, los zumos y concentrados para reducir el uso de conservantes y mejorar sus características organolépticas.

Los sistemas actuales de UHPH todavía no se han probado en todas las etapas posibles donde esta tecnología podría aplicarse para solucionar diferentes requerimientos de las industrias vitivinícola y de los zumos y, por lo tanto, es necesario realizar pruebas en entornos reales.

Los objetivos específicos del proyecto global son:

1. Validar la tecnología UHPH a la industria de las bebidas de origen vegetal (zumos, concentrados y vino) y estudiar la vida útil de productos pasteurizados y estériles almacenables a temperatura de refrigeración y ambiente, respectivamente.
2. Evaluar y cuantificar la mejora en las características nutricionales y funcionales de las bebidas obtenidas.
3. Evaluar la mejora en el perfil sensorial de los productos respecto a las técnicas de conservación actuales.
4. Eliminar o reducir el uso de conservantes de origen químico en la elaboración de bebidas de origen vegetal, concretamente los zumos, concentrados y vinos.
5. Creación de nuevos productos como vinos jóvenes disponibles todo el año, incrementando el mercado de los mismos.
6. Mejora de la eficiencia energética de la industria alimentaria de bebidas vegetales.
7. Sensibilizar las agencias de normalización y regulación y los consumidores de vino sobre los beneficios de UHPH como método alternativo para obtener productos con menos conservantes.

8. Generar sinergias entre diferentes actores relevantes del sector de las bebidas de origen vegetal mediante un proyecto colaborativo donde se compartirán los resultados, mejorando la competitividad de todas las empresas y haciendo que el impacto de este proyecto sea todo el sector.

Descripción de las actuaciones llevadas a cabo en el proyecto

Se realizarán una serie de actuaciones que contemplen un gran número de procesos y que generen nuevos productos al mercado:

En el **sector vínico**:

1. En el *mosto*, para reducir o eliminar la carga microbiana y poder conservar el mosto tratado por UHPH durante más tiempo después de su obtención por diferentes finalidades: como fuente de azúcar para la segunda fermentación, medio de crecimiento de cultivos de levaduras o elaboración de vino fuera del periodo estacional (agosto-septiembre), sin peligro de fermentación espontánea avanzada y evitando el uso de altas concentraciones de sulfitos para su preservación.
2. En *vino tranquilo*, previo al embotellado, consiguiendo con las UHPH una estabilización microbiológica, evitando dosificaciones de sulfuroso o filtraciones amicróbicas.
3. En *vino base destinado a la elaboración de vino espumoso* para evitar un problema actual en el que se encuentran algunos productores como es la realización de la fermentación maloláctica en botella que empobrece la calidad sensorial del espumoso. Se estudiará la efectividad del tratamiento por UHPH para eliminar las bacterias lácticas.
4. En *vino tinto destinado a crianza en barrica* que sea susceptible de estar contaminado por *Brettanomyces*, una levadura el metabolismo de la cual puede producir fenoles volátiles que pueden alterar la calidad sensorial del vino final. La tecnología de la UHPH puede ser capaz de eliminar o inactivar esta levadura contaminante.
5. En *vinos dulces*, para estabilizarlos microbiológicamente antes del embotellado, evitando el uso de altas dosis de sulfuroso para evitar refermentaciones dentro de la botella.
6. Tratamiento *de lías de levadura*. La crianza sobre lías es un proceso que se realiza en algunos tipos de vinos, sobre todo en vinos blancos. Durante esta operación se produce la rotura de las células de levadura (autólisis) hecho que hace que el vino se enriquezca en sustancias que se encuentran en las paredes de las células, principalmente manoproteínas, que aportan en general al vino una mejora de su perfil sensorial. La autólisis es un proceso relativamente lento. La aplicación de la UHPH a las lías puede producir una autólisis o rotura de las levaduras acelerada, pudiendo acortar el periodo de crianza.

En el sector de los **zumos y zumos concentrados**:

1. En los *zumos clarificados o no de manzana y naranja conservados a temperaturas de refrigeración y a temperatura ambiente*, para estabilizarlos a nivel fisicoquímico y microbiológico utilizando varios tratamientos UHPH, evitando su deterioro por causas enzimáticas y microbiológicas, minimizando las pérdidas de sus características nutricionales y sensoriales, debido al bajo efecto térmico de esta tecnología. En el caso de los zumos conservados a temperatura ambiente, se tiene que eliminar el microorganismo esporulado más resistente, *Alyciclobacillus* spp, que se desarrolla en condiciones ácidas, por lo cual el tratamiento UHPH será más intenso en presión y con mayor temperatura de entrada de producto, pero respetando sus características de calidad.
2. *Zumos concentrados de manzana y melocotón conservados a temperatura ambiente*. Las características químicas de estos productos, con una concentración más elevada de azúcares, condiciona su calidad organoléptica y nutricional, puesto que la aplicación tradicional de los tratamientos térmicos, especialmente por la eliminación de *Alyciclobacillus*, afecta de forma notoria a la producción de componentes derivados del pardeamiento no enzimático, con consecuencias sobre la calidad sensorial y en la seguridad, por la mayor producción de furanos. Por lo tanto, como en el caso anterior, la aplicación de temperaturas y sobre todo tiempos de contacto inferiores al hacer

tratamientos UHPH, tiene que permitir obtener zumos concentrados de mejor calidad, respecto a los obtenidos por tratamientos convencionales térmicos.

Resultados finales y recomendaciones prácticas

1. Tecnología UHPH

Los tratamientos aplicados a las diferentes matrices se realizaron con un equipo UHPH Ypsicon Model A-60 (60 L/h) de Ypsicon Advance Technologies. El equipo consta de un depósito con un filtro de 500 µm, una bomba neumática de membranas, un intercambiador térmico, una bomba de pistones de alta presión (hasta 350 MPa), válvulas anti-abrasión, un sistema de enfriamiento del producto y la posibilidad de tomar muestras de manera aséptica con válvulas Keofitt® y bolsas de polietileno preirradiadas. Las muestras se recogieron en una cabina de flujo laminar en botellas PET esterilizadas.

Tras los tratamientos iniciales en jugos y mostos, y debido al desgaste prematuro de los componentes de la válvula de alta presión, se utilizaron nuevos diseños cambiando el material original de carburo de tungsteno por un material cerámico especial antiabrasión. Además, para evitar la formación de aglomerados y la posible obstrucción del filtro de entrada al sistema UHPH, los jugos y mostos se filtraron a 200 µm Ø antes de los tratamientos.

Asimismo, para el tratamiento de jugos concentrados, se sustituyó la bomba neumática de membranas por una bomba helicoidal para asegurar el bombeo y la alimentación a suficiente presión de la bomba de pistones de alta presión.

1. SECTOR VINÍCOLA

A. Experiencias con mosto

A1. Estudio de conservación o vida útil de mostos de variedades blancas

Con el fin de realizar un estudio de conservación a lo largo del tiempo de mostos tratados con UHPH y analizar la influencia en sus características microbiológicas y diferentes aspectos enológicos, durante las vendimias de 2022 y 2023 se recolectaron y procesaron 8 lotes de mosto blanco (3 Xarel·los, 1 Moscatel de Alejandría, 2 Garnachas blancas, 1 Parellada y 1 Macabeo). Cada uno de los mostos fue obtenido y desfangado en las bodegas colaboradoras siguiendo sus pautas de rutina, solicitándose únicamente que no se añadiera SO2 a la salida de prensa.

Cada lote de mosto se dividió en 4 condiciones:

- CONTROL **(C)**: Mosto sin SO2 y sin tratar con UHPH.
- UHPH **(UHPH)**: Mosto sin SO2 tratado con UHPH.
- UHPH + 2 g/Hl SO2 **(UHPH + SO2)**: Mosto con una dosis baja de SO2 (2 g/Hl de SO2 total) y luego tratado con UHPH.
- +6 g/Hl SO2 **(SO2)**: Mosto con una dosis elevada de SO2 total (6 g/Hl) y no tratado con UHPH.

El tratamiento UHPH de las condiciones UHPH y UHPH+SO2 para los 8 lotes de mosto se realizó a una presión de 300 MPa (3.000 atmósferas) y una temperatura de entrada del producto en el equipo UHPH de 4ºC. Los mostos C y con 6 g/Hl de SO2 de todos los lotes fermentaron espontáneamente a los pocos días. Los tratados por UHPH (UHPH y UHPH + 2 g/Hl SO2) se envasaron asépticamente en bag-in-box para ser conservados en la cámara a 4ºC y se hizo un seguimiento microbiológico y enológico de su evolución durante un año.

Todos los mostos UHPH se mantuvieron estables microbiológicamente durante 12 meses y no fermentaron. Los parámetros enológicos principales: grado alcohólico probable (GAP), acidez total (AT), pH no se alteraron.

Los diferentes análisis realizados en estos mostos también permitieron establecer que el UHPH puede considerarse una técnica protectora frente al aumento de color y la preservación del contenido polifenólico, con una acción similar a la adición de SO2, además de proteger la fracción fenólica frente a la oxidación. A nivel sensorial, los mostos tratados con UHPH son aceptables para ser vinificados o para otras necesidades de la bodega.

Los resultados prueban que las fuerzas de cizalla, impacto, cavitación y fricción que el UHPH ejerce en la válvula cuando se aplica una presión de 300 MPa son efectivas para eliminar completamente los microorganismos presentes en los mostos e inactivar enzimas oxidativas.

A2. Estudio de fermentabilidad y producción de vino sin SO_2

Para comprobar la influencia del tratamiento por UHPH en las características fermentativas y la calidad del vino final, se utilizó un mosto de Xarel·lo tratado por UHPH. Se realizaron fermentaciones experimentales, estudiando las 4 condiciones mencionadas en el apartado anterior, cada una por triplicado: C, UHPH, UHPH + SO2 y SO2. Se llevó a cabo el seguimiento de la evolución de la cinética fermentativa, el control de la implantación de la cepa de levadura inoculada y análisis físico-químicos y sensoriales de los vinos al final de la fermentación alcohólica (FA) y a los 4 meses de haber sido embotellados.

Los resultados generales muestran que, en cuanto a la cinética fermentativa, los mostos tratados por UHPH presentan una velocidad de fermentación igual que los sulfitados y mejor que la condición control. Este hecho está relacionado con que se comprobó que los mostos tratados por UHPH facilitan la implantación de la cepa de *S. cerevisiae* inoculada ya que previamente se han inactivado todas las levaduras autóctonas presentes de forma natural en la matriz.

La caracterización enológica de los vinos elaborados no mostró diferencias significativas en los principales parámetros físicoquímicos entre las diferentes condiciones evaluadas. En cuanto al análisis organoléptico de los vinos al finalizar la FA y pasados 4 meses en botella, los descriptores generales (intensidad y calidad de color, aroma, sabor y postgusto) no mostraron diferencias significativas entre los vinos en ninguna de las dos catas realizadas. Respecto a los descriptores aromáticos, justo al terminar la FA, los catadores valoraron el vino UHPH + SO2 como el más complejo, con mayores notas a fruta blanca, tropical, planta fresca, seca y fruta cocida, mientras que el vino SO2 destacó por notas florales. En cambio, en la cata a los 4 meses de embotellado, el perfil organoléptico de los vinos fue similar, y únicamente el vino UHPH + SO2 destacó por más notas cítricas, mientras que los vinos UHPH destacaron por más aromas a planta fresca (hinojo, menta...).

De estos resultados se puede concluir que la aplicación de la tecnología UHPH, ya sea de forma individual o combinada con la aplicación de una dosis baja de SO2, puede ser una alternativa al uso de sulfitos sin alterar los parámetros físicoquímicos ni organolépticos de los vinos resultantes, y de esta manera poder minimizar el uso de este alérgeno.

B. Experiencias con vino tranquilo

B1. Pruebas en la fase de pre-embotellado en vinos rosados y blancos

La finalidad de esta fase del proyecto era obtener vinos microbiológicamente estables antes de salir al mercado, evitando el uso de SO2 y evitando la filtración microbiológica previa al embotellado. Las pruebas se efectuaron en dos lotes de vino rosado y en dos lotes de vino blanco de la cosecha de 2022 y 2023, respectivamente. Se estudiaron 3 condiciones:

- **CONTROL (C)**: vino sin corrección de SO2 previo al embotellado y sin pasar por filtro esterilizante.
- **UHPH**: vino sin corrección de SO2 ni filtrado y tratado por UHPH a 300 MPa.
- **EMBOTELLADO**: vino embotellado comercial con el tratamiento rutinario efectuado en la propia bodega.

Del estudio microbiológico, los resultados muestran una inactivación de las poblaciones microbianas en las condiciones UHPH y embotellado en comparación con la condición control, que aún presentaba contaminación por levaduras transcurridos 4 meses en botella.

No se detectaron cambios en los parámetros enológicos analizados en las 3 condiciones justo realizado el tratamiento por UHPH. No obstante, en el caso de uno de los vinos rosados, a los 4 meses en botella se observó que se había producido la fermentación maloláctica (FML) en la condición control, afectando en consecuencia la acidez total de este vino.

En el análisis sensorial, justo después de los tratamientos y transcurridos unos meses en botella, los 4 vinos con los que se realizó el ensayo y las 3 condiciones en cada uno, en cuanto a los descriptores generales, no se observaron muchas diferencias entre ellos. No obstante, cuando se valoraron los descriptores aromáticos, sí que se observaron perfiles claramente diferenciados entre las diferentes condiciones evaluadas, pero en ningún caso los vinos resultantes fueron descartados por los catadores. Los resultados generales de este apartado permiten concluir que la aplicación de la tecnología UHPH en la fase pre-embotellado puede ser una alternativa a la corrección con sulfitos y la filtración esterilizante que actualmente realizan las bodegas.

B2. Pruebas con vino base para espumoso contaminado por bacterias lácticas

El objetivo de esta prueba era evitar la FML en botella durante la 2ª FA o toma de espuma, lo cual últimamente está ocurriendo con frecuencia entre los elaboradores de vinos espumosos, y que conlleva problemas de clarificación en el degüelle, además de la pérdida de acidez y sensaciones organolépticas no deseadas en los espumosos elaborados. Se trató por UHPH (300 MPa y temperatura de entrada del producto a 30ºC) un vino base para espumoso al que se le había inducido la FML. Inmediatamente después se realizaron los siguientes tirajes:

- **CONTROL -**: con vino base sin realizar la FML + 22g/L de azúcar + 1.5 millones células/mL de levadura P29 + 60 mg/Hl de bentonita.
- **CONTROL +**: con vino base realizando la FML + 22 g/L de azúcar + 1.5 millones células/mL de levadura P29 + 60 mg/Hl de bentonita.
- **UHPH**: con vino base realizando FML tratado por UHPH (con un ácido málico de 0.5 g/L y un láctico de 0.3 g/L) y con las mismas condiciones anteriores.

Las botellas de los 3 lotes se mantuvieron a 14ºC para la toma de espuma (2ª FA), controlando la evolución de la presión en el interior de una botella de cada lote y considerando finalizada la segunda fermentación a los 32 días del inicio de los tirajes de las 3 condiciones.

El control de la población de bacterias lácticas (BL) de los vinos base se realizó justo después del tratamiento por UHPH (t =0) y de los vinos espumosos transcurridos 42 días en botella. A tiempo 0, en las condiciones C- sin inducir la FML y en el vino base tratado por UHPH (previamente inducida la FML) no se detectaron bacterias lácticas en 100 mL de muestra, lo que indica que el tratamiento por UHPH había inactivado las BL, si se comparan estos resultados con el recuento de la condición control con FML (C+) donde se detectaron 5·10^7 ufc/100mL. A los 42 días de tiraje se siguió detectando ausencia de BL en la condición UHPH, mientras que en el C+ se detectaron poblaciones en el rango de 10^3 ufc/100mL.

Al realizar el análisis físico-químico de los vinos espumosos a los 42 días del tiraje, una vez finalizada la 2ª FA en botella, la FML se había realizado completamente en la condición C+, mientras que en la condición UHPH la FML se había detenido en el momento de realizar el tratamiento de ultra altas presiones a 0,5 g/L de ácido málico, resultados que concuerdan con los obtenidos en el control microbiológico. Además, se observó una disminución lógica de la acidez total (expresada en ácido tartárico) en aquellas condiciones donde se había realizado la FML total o parcialmente en comparación con la condición C-.

Se puede concluir que la aplicación de la tecnología UHPH puede ser una buena estrategia para tratar vinos base para espumoso y poder evitar la FML en botella durante la 2ª FA, frenando los problemas que puede conllevar la aparición de bacterias lácticas en este punto.

C. Ensayos con vinos tintos de crianza contaminados naturalmente por Brettanomyces

En los últimos años, el incremento del pH en los vinos está siendo una de las consecuencias más evidentes del cambio climático en las bodegas. Este aumento del pH conlleva que el vino sea más susceptible a que se desarrollen microorganismos contaminantes, como es el caso de Brettanomyces. Muchos elaboradores están buscando sistemas o nuevas tecnologías que impidan la contaminación y el crecimiento de este microorganismo en los vinos, ya que su metabolismo conlleva, entre otros, la formación de fenoles volátiles y un incremento del ácido acético, con las consecuencias sensoriales negativas que ello acarrea.

Se evaluaron dos lotes diferentes de vinos tintos de crianza en barrica donde se había detectado contaminación por Brettanomyces.
Se estudiaron 3 condiciones:

- **CONTROL (C)**: vino tinto contaminado de manera natural con Brettanomyces.
- **UHPH**: vino tinto contaminado de manera natural con Brettanomyces y tratado por UHPH a 300 MPa.
- **QUITOSANO**: vino tinto contaminado de manera natural con Brettanomyces con el tratamiento rutinario efectuado en la propia bodega, usando el antimicrobiano Quitosano para eliminar la levadura contaminante.

Justo después de realizar el tratamiento por UHPH y después de varios meses de crianza en botella, se hizo el seguimiento de la población de Brettanomyces (ufc/mL), de los fenoles volátiles (4-etilfenol y 4-etilguaiacol) y de los principales parámetros físico-químicos de los vinos.

Los resultados globales indican que la UHPH tiene un efecto antimicrobiano igual o superior al de la acción del Quitosano en la eliminación de Brettanomyces transcurridos 3 meses desde el tratamiento. En ninguna de las dos condiciones se detectó la presencia de Brettanomyces, mientras que en la condición control se detectaron $4 \cdot 10^3$ ufc/mL. En cuanto a la evolución de los fenoles volátiles, la concentración a los 3 meses se mantiene muy similar a la de tiempo 0 en las condiciones UHPH y Quitosano, mientras que en la condición control aumentan con el tiempo, como era de esperar. La condición con menor contenido de ácido acético fue la condición UHPH.
Como recomendación práctica de este bloque, la aplicación de la tecnología UHPH puede ser una buena estrategia para evitar o eliminar la contaminación por Brettanomyces en los vinos.

2. SECTOR DE LOS JUGOS Y JUGOS CONCENTRADOS

A. Jugos de manzana sin clarificar y naranja conservados a temperaturas de refrigeración 4 y a 8 ºC

Se ha evaluado el efecto de los tratamientos UHPH a presiones de 200 y 300 MPa a una temperatura de entrada de 8-10 ºC en la calidad microbiológica, físicoquímica y en la estabilidad física en jugos de naranja y de manzana sin clarificar durante su conservación a 4 y 8 ºC, comparándolos con el producto pasteurizado. Un aspecto a comentar es que los jugos tratados por UHPH deben ser filtrados previamente con un tamiz de 200 µm, lo que afecta considerablemente a la apariencia del jugo, observándose una disminución del contenido en pulpa, especialmente en el caso del jugo de naranja, lo que afectó al color, que resultó más amarillento.

Desde el punto de vista microbiológico, el tratamiento a 300 MPa (con una temperatura en la válvula de 101 ºC durante < 0,5 s) ha sido efectivo en ambos jugos, con una vida útil de al menos 90 días. En el caso del tratamiento a 200 MPa, la vida útil osciló entre 30 a 90 días a 8 ºC, dependiendo de la temperatura alcanzada en la válvula (entre 62 y 72 ºC durante < 0,5 s), y fue de 90 días a 4 ºC. En el caso del jugo pasteurizado a

8ºC, la vida útil fue de máximo 30 días en jugo de manzana y de 90 días en jugo de naranja. Entre los parámetros físicoquímicos, se observó un oscurecimiento en las muestras de jugo de manzana tratadas a 200 MPa tanto a 4 como a 8 ºC, especialmente cuando la temperatura de la válvula era de 64 ºC, debido a la reactivación de la polifenoloxidasa y una pérdida de color en el de naranja. Un hecho a destacar es la degradación de la vitamina C y la actividad antioxidante, con una disminución importante de su contenido a los 45 días, aunque en los jugos de naranja tratados a 300 MPa se mantuvo una concentración residual a los 90 días. La estabilidad física, por acción del proceso de homogeneización, fue más elevada en los jugos tratados a 300 MPa durante los 90 días de conservación a 8 ºC. El tratamiento a 300 MPa con una temperatura de entrada de entre 8-10 ºC sería la opción preferida con objetivo de pasteurización en la elaboración de los jugos de manzana y naranja, en este caso con un contenido reducido de pulpa, ya que mantienen una buena estabilidad microbiológica, física y físicoquímica con una vida útil que podría ser de al menos 90 días, siempre y cuando se pueda aplicar un sistema de envasado que permita una reducción del contenido en oxígeno y opacidad para mantener la concentración de vitamina C y la actividad antioxidante de los jugos, lo que adicionalmente podría mejorar sus propiedades organolépticas.

B. Jugos de manzana sin clarificar y naranja conservados a temperaturas de refrigeración y a temperatura ambiente

El objetivo inicial fue determinar qué temperatura de entrada era la óptima para eliminar Alyciclobacillus inoculado a concentraciones entre 3-4 log esporas/mL. Se realizaron diferentes tratamientos a 300 MPa con temperaturas de entrada entre 55 y 85 ºC, logrando la eliminación de Alyciclobacillus a una temperatura de entrada de 55 ºC (temperatura en la válvula entre 140-146 ºC durante < 0,5 s). Con la temperatura seleccionada, el segundo objetivo fue evaluar el efecto de los tratamientos UHPH a presiones de 300 MPa a una temperatura de entrada de 55 ºC en la calidad microbiológica, físicoquímica y en la estabilidad física en jugos de naranja y de manzana sin clarificar durante su conservación a temperatura ambiente (22-25ºC).

Durante los 4 meses de estudio, los jugos tratados por UHPH mostraron una alta estabilidad microbiológica y física. En el caso del color, en el jugo de naranja se observó una alteración del color y en el de manzana un cierto oscurecimiento, posiblemente asociado a un incremento del pardeamiento no enzimático. Como en el caso de los jugos refrigerados, se produjo una disminución de la vitamina C, especialmente en el jugo de naranja a los 120 días, pero la capacidad antioxidante se mantuvo más constante durante los 120 días. Por lo tanto, el tratamiento UHPH a 300 MPa podría ser una posible alternativa a la tecnología UHT en jugos de manzana y naranja con un contenido reducido de pulpa, ya que mantienen una buena estabilidad microbiológica, física y físicoquímica, pero como en el caso anterior, siempre y cuando se pueda aplicar un sistema de envasado que permita una reducción del contenido en oxígeno y opacidad, lo que permitiría mantener la concentración de vitamina C, lo que podría mejorar sus propiedades organolépticas.

3. ***Jugos concentrados de manzana y durazno conservados a temperatura ambiente***

Inicialmente, como en el caso anterior, el objetivo inicial fue determinar qué temperatura de entrada era la óptima para eliminar Alyciclobacillus inoculado a concentraciones entre 3-4 log esporas/mL. Se realizaron ensayos a 300 MPa con temperaturas de entrada de 60 y 70 ºC, logrando la eliminación de Alyciclobacillus a una temperatura de entrada de 70 ºC. La temperatura en la válvula en el concentrado de manzana fue de 150 ºC y en el de durazno de 142 ºC durante < 0,5 s. Se debe comentar que en el caso del concentrado de durazno se determinó la presencia en algunas muestras de colonias de pequeño tamaño y morfología no característica de Alyciclobacillus, y al realizar la prueba del guaiacol, el resultado fue negativo. Con la temperatura seleccionada, el segundo objetivo fue evaluar el efecto de los tratamientos UHPH a presiones de 300 MPa a una temperatura de entrada de 70 ºC en la calidad microbiológica, físicoquímica y en la estabilidad física de concentrados de manzana y durazno durante su conservación a temperaturas de 4 ºC durante 150 días y temperatura ambiente (22-25 ºC) durante 120 días, en comparación con el concentrado no tratado conservado en las mismas condiciones. También se estudió la temperatura de refrigeración como posible alternativa de conservación de los concentrados, que es la congelación.

En relación con la estabilidad microbiológica, en las muestras tratadas con UHPH se consiguió la eliminación de la microbiota presente en los concentrados durante todo el tiempo de conservación. En relación con los parámetros físicoquímicos, como el pH o acidez, a ambas temperaturas, los valores fueron muy similares entre el concentrado control y el tratado a 300 MPa en ambos concentrados. Sin embargo, en cuanto a la estabilidad física, si bien en los conservados a 4 ºC fue similar al control, en los conservados a temperatura ambiente se observó que, si bien la turbidez aumentaba con el tiempo, este incremento fue mayor en la muestra control. Tampoco se observaron diferencias en el color y el pardeamiento no enzimático entre la muestra control y la tratada a 300 MPa a 4 ºC en cuanto a su evolución durante el tiempo, aunque se produjo un cierto incremento en este período. Sin embargo, en el caso de las muestras conservadas a temperatura ambiente, el oscurecimiento fue apreciable, con un aumento notable del parámetro de pardeamiento no enzimático ya a los 90 días. Por lo tanto, el tratamiento a 300 MPa a una temperatura de entrada de 70 ºC fue efectivo para la eliminación de Alyciclobacillus en concentrados de manzana y durazno, con un efecto mínimo en las características físicoquímicas y físicas, aunque no sería adecuado para mantener el producto a temperatura ambiente debido a la formación de compuestos de Maillard.

Conclusiones

Las conclusiones derivadas de este proyecto sobre la aplicación de la tecnología de ultra alta presión homogénea (UHPH) en mostos, vinos, zumos y concentrados de fruta incluyen:

En mostos y vinos:

1. **Durabilidad del sistema UHPH.** Es necesario sustituir el carburo de tungsteno de la aguja de la válvula de alta presión por un material cerámico antiabrasión para evitar el desgaste prematuro, así como mejorar el sistema de desfangado para reducir las partículas que causan erosión.
2. **Potencial antimicrobiano y antioxidante.** El tratamiento UHPH tiene un gran potencial para la producción de vinos con bajos niveles de sulfitos o sin sulfitos añadidos, gracias a su capacidad para inactivar microorganismos y proteger el producto de la oxidación.
3. **Prolongación de la vida útil.** La UHPH prolonga la conservación de los mostos hasta al menos un año, permitiendo su uso fuera de la temporada de vendimia.
4. **Vinos sin sulfitos.** Se pueden elaborar vinos aceptables tanto sensorial como analíticamente a partir de mostos tratados con UHPH, sin necesidad de añadir sulfitos.
5. **Tratamiento de vinos tranquilos.** La técnica de la UHPH puede utilizarse en vinos tranquilos justo antes del embotellado para reducir el uso de sulfitos (SO_2) y evitar filtraciones antimicrobianas.
6. **Inactivación de levaduras contaminantes.** El tratamiento UHPH es efectivo para eliminar levaduras alterantes como *Brettanomyces bruxellensis* y evitar la producción de fenoles volátiles en vinos contaminados.
7. **Prevención de la fermentación maloláctica.** La UHPH inhibe el crecimiento de bacterias lácticas en vinos base, evitando la fermentación maloláctica en la elaboración de vinos espumosos.
8. **Divulgación de resultados.** Los resultados y conocimientos adquiridos obtenidos en aplicación de esta técnica en mostos y vinos permitirán la divulgación del uso de la UHPH entre el sector vitivinícola.

En zumos y concentrados de fruta:

1. **Eficacia del bombeo.** Para tratar concentrados de zumo, es necesario utilizar una bomba helicoidal para garantizar una presión adecuada en el sistema, asegurando un proceso eficiente.
2. **Tratamiento para zumos de manzana y naranja con bajo contenido de pulpa (pasteurización).** El tratamiento UHPH a 300 MPa con una entrada de 8-10 ºC mantiene la estabilidad microbiológica, física y fisicoquímica de los zumos, con una vida útil de 90 días.

3. **Tratamiento para zumos de manzana y naranja con bajo contenido de pulpa (esterilización).** Un tratamiento similar a 300 MPa pero a 55 ºC proporciona zumos esterilizados con una vida útil mínima de 120 días.
4. **Tratamiento de concentrados de manzana y melocotón.** El tratamiento de UHPH a 300 MPa y 70 ºC elimina *Alyciclobacillus* de concentrados de manzana y melocotón, aunque no previene la formación de compuestos de Maillard durante el almacenamiento a temperatura ambiente.
5. **Divulgación de resultados.** Los resultados y el conocimiento adquiridos de la aplicación de la tecnología UHPH en zumos y concentrados permitirá la divulgación entre el sector de zumos.

Estas conclusiones muestran el potencial de la UHPH para mejorar la calidad y seguridad de mostos, vinos y zumos, minimizando el uso de aditivos como los sulfitos.

Líder del Grupo Operativo

ENTIDAD: LLOPART VILAROS PERE HJ

Coordinador del Grupo Operativo

ENTIDAD: ASSOCIACIO AEI INNOVI

Otros miembros del Grupo Operativo (perceptores de ayuda)

ENTIDAD: JUVE Y CAMPS SA

ENTIDAD: UNIÓ ORIGEN SCCL

ENTIDAD: SAT N 1596 NUFRI RESP LIMIT

Otros miembros del Grupo Operativo (no perceptores de ayuda)

ENTIDAD: IRTA

ENTIDAD: CENTRE D'INNOVACIÓ, RECERCA I TRANSFERÈNCIA EN TECNOLOGIA DELS ALIMENTS - UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

Ámbito/s territorial/s de aplicación

PROVINCIA/S	COMARCA/S
Lleida, Barcelona, Tarragona	Pla d'Urgell, Alt Penedès, Baix Camp

Difusión del proyecto (publicaciones, jornadas, multimedia...)

Apartado web de INNOVI
Apartado web de Nufri
Apartado web de UNIÓ
Apartado web de Llopart
Apartado web de Juvé y Camps
Post en redes sociales - Twitter
Post en redes sociales - Instagram
Post en redes sociales - Instagram
Post en redes sociales - Instagram
Post en redes sociales - Twitter
Post en redes sociales - Instagram
Post en redes sociales- LinkedIN
Post en redes sociales - Twitter
Post en redes sociales - Twitter
Post en redes sociales - Twitter

Post en redes sociales - Twitter

Jornada de presentación tipo Hora de la Innovación - enlace:
https://innovi.cat/events/hora-de-la-innovacio-innovacions-tecnologiques-en-produccio-de-vins/

Presentación del proyecto el dia 8 de junio de 2023 en el Congreso Mundial "International Organisation of Vine and Wine – OIV"
Vídeo del projecte

Página web del proyecto

https://www.innovi.cat/fruhph

Otra información del proyecto

DATOS DEL PROYECTO	PRESUPUESTO TOTAL
Fecha de inicio: Julio 2021	**Presupuesto total**: 203.520,00 €
Fecha final: Septiembre 2024	**Financiamiento DACC**: 94.118,40 €
Estado actual: Finalizada	**Financiamiento UE**: 71.001,60 €
	Financiamiento propio: 38.400,00 €

Con el financiamiento de:

Proyecto financiado a través de la Operación 16.01.01 (Cooperación para la innovación) a través del Programa de desarrollo rural de Catalunya 2014-2020.

Orden ARP/113/2021, de 20 de mayo, por la que se aprueban las bases reguladoras de las ayuda a la cooperación para la innovación a través del fomento de la creación de grupos operativos de la Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas y la realización de proyectos piloto innovadores por parte de estos grupos, y Resolución ARP/1660/2021, de 27 de mayo, por la que se convoca la mencionada ayuda.

Generalitat de Catalunya
Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural

Fons Europeu Agrícola de Desenvolupament Rural:
Europa inverteix en les zones rurals