

# DESARROLLO DE ESPUMANTE DE NARANJA ESTUDIO DE LA FORMACIÓN DE BURBUJAS APLICANDO ANÁLISIS DE IMÁGENES

## RESUMEN

En la región de Salto Grande el desarrollo de la citricultura es de una gran significación histórica, social y económica. Ligada a la producción citrícola se han generado emprendimientos relacionados a la producción primaria y a la industrialización. En la Facultad de Ciencias de la Alimentación se han estudiado las posibilidades de biotransformación de jugos de naranja, para generar productos innovadores con mayor valor agregado, y atractivos para los consumidores. Así se desarrolló el “espumante de naranja” obtenido a partir de vino base de naranja, adaptando el tradicional método “*champenoise*”. La característica de identidad y calidad de este producto es la formación y liberación de burbujas al servir una copa de espumante. Los objetivos planteados en esta tesis fueron desarrollar el producto “espumante de naranja”, describir la cinética de formación de burbujas aplicando técnicas de análisis de imágenes y analizar las características de calidad físicas, químicas y sensoriales del producto final, así como las condiciones de proceso, con la capacidad de formación de burbujas del producto “espumante de naranja”. Se estudió la influencia del tiempo de añejamiento de los espumantes en contacto con las borras, obteniendo espumantes de 9, 12 y 18 meses; y el efecto del agregado de chips de levaduras en el licor de tirage. Para caracterizar el producto final se realizaron determinaciones químicas básicas: graduación alcohólica, pH, acidez, contenido de azúcares, glicerol, anhídrido sulfuroso, y se midieron propiedades físicas: densidad, viscosidad, tensión superficial. Para evaluar sensorialmente el espumante se diseñó una ficha de cata y se entrenó un panel sensorial, haciendo énfasis en las características de la espuma y de las burbujas. Para observar la formación de burbujas y estudiar la cinética de desarrollo de las mismas, se analizaron videos digitales capturados durante el llenado de copas de cristal, con espumante de naranja, en condiciones similares a las de degustación. Los videos capturados se analizaron y procesaron con software Image

J, programa de libre distribución, con licencia de dominio público. Los datos se procesaron utilizando software estadístico Statgraphic Centurion®. El espumante de naranja resultó un producto finamente gasificado, de coloración ligeramente ambarina, translúcido. La caracterización del espumante de naranja se realizó integrando diferentes técnicas analíticas, sensoriales y aplicando análisis de imágenes que resultaron complementarias para describir aspectos diferentes del producto. La combinación de variables de proceso permitió elaborar espumantes de naranja con características fisicoquímicas comparables a los vinos espumantes comerciales, excepto por los valores de acidez total, levemente superior en los espumantes de naranja; los diferentes tiempos que se mantuvieron en contacto con las lías y la utilización de chips de levaduras en el licor de tirage, no afectaron significativamente la mayoría de las características fisicoquímicas estudiadas de estos espumantes. Los polisacáridos evolucionaron durante el añejamiento, aumentando los contenidos con ambas formulaciones de licor de tirage, mayores en el caso de los espumantes elaborados con agregado de chips de levaduras. Para analizar la influencia de los tiempos de añejamiento se deberían elaborar nuevos espumantes y observar su evolución en tiempos más cortos en contacto con las lías, para observar si el agregado de chips provoca un acortamiento efectivo de los tiempos de añejamiento, y se logran mejores características espumantes. Los resultados de la evaluación sensorial mostraron que la velocidad de ascenso de las burbujas es moderada así como la efervescencia en boca, resultando un producto con una valoración global satisfactoria. El análisis estadístico reveló que no se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos por lo que en base a estas conclusiones y las obtenidas del análisis fisicoquímico, se seleccionó el espumante con las mejores puntuaciones para realizar el procesamiento y análisis de imágenes. Del procesamiento de las imágenes obtenidas al filmar la evolución de la espuma generada al servir una copa de espumante, se calcularon características de la corona (persistencia, tamaño, radio crítico antes de colapsar); la frecuencia con que se generan y ascienden burbujas, y tasas de crecimiento de los trenes de burbujas durante su ascenso. En base a estos datos se calcularon valores casi instantáneos de los parámetros que definen el régimen de flujo (velocidad, aceleración) y aproximarse así al comportamiento local,

microscópico del fluido. Utilizando esta técnica instrumental no destructiva, se pueden observar las propiedades espumantes en condiciones similares a las de degustación que experimenta un consumidor real, se lograron especificar parámetros que permiten describir las propiedades de las burbujas de espumante de naranja. El análisis de imágenes permitió obtener cuantitativamente valores de velocidad de ascenso de burbujas, frecuencia de generación, tasa de crecimiento, radios finales, tiempos de permanencia de la espuma que pueden relacionarse directamente con los atributos sensoriales velocidad de burbujas, efervescencia, tamaños de burbuja, corona, abundancia y persistencia de la espuma. De esta manera se podría evaluar de forma integral la capacidad espumante de un producto. Las propiedades fisicoquímicas analizadas en combinación con los resultados obtenidos del análisis de imágenes posibilitaron describir la cinética de ascenso de las burbujas de espumante ajustando a un modelo que sigue la ley de Stokes modificada para champagne. Estos resultados permitirán avanzar en la descripción de la hidrodinámica que controla el ascenso de las burbujas, para lo que se deberán tomar como referencia los fundamentos de difusión molecular, fuerzas viscosas, inerciales y de tensión superficial.