

RESUMEN

En la presente Tesis se evalúa la idoneidad del uso de las microondas como tecnología alternativa a la pasteurización convencional, para preservar un puré de kiwi desde el punto de vista de la seguridad y la calidad del mismo. Para ello, se ha estudiado el impacto de esta tecnología sobre diversas enzimas, microorganismos patógenos y alterantes y distintas propiedades fisicoquímicas, sensoriales, nutricionales y funcionales del puré, tras el procesado y durante el almacenamiento. Se ha establecido y validado un tratamiento de pasteurización por microondas y se ha comparado la efectividad de esta tecnología frente al calentamiento convencional a la hora de conservar el producto en base a diversos criterios.

Aunque la energía microondas dio lugar a un calentamiento heterogéneo del puré, detectándose el punto más frío en la zona central del producto y el punto más caliente en la zona superior de sus laterales, éste resultó efectivo frente a la inactivación tanto de enzimas como de microorganismos patógenos y alterantes, sin causar un excesivo deterioro de su calidad. Se obtuvieron diversos modelos cinéticos que permitieron predecir la inactivación microbiológica del puré de kiwi durante el calentamiento por microondas y se empleó un diseño de experimentos para determinar las condiciones de proceso más adecuadas para pasteurizar el producto mediante esta tecnología, en base a la inactivación enzimática y al deterioro de sus propiedades funcionales. El tratamiento por microondas seleccionado dio lugar a un puré de kiwi tanto estable (90% de inactivación de la enzima peroxidasa) como inocuo (> 5 reducciones logarítmicas de *L. monocytogenes*) a un 99,9% de probabilidad. Asimismo, se estableció un tratamiento de pasteurización convencional equivalente con fines comparativos. A raíz de la comparación establecida, quedó patente la superioridad de las microondas para inactivar tanto enzimas como microorganismos, ya que, por un lado, se requirió de una menor carga térmica (menos unidades de pasteurización) para alcanzar un nivel equivalente de inactivación de peroxidasa y, por el otro, el tiempo de reducción decimal (valor de D) del microorganismo patógeno estudiado *L. monocytogenes* resultó ser menor, cuando el puré de kiwi se procesó mediante la aplicación de microondas que cuando éste se sometió al calentamiento

convencional. En consecuencia, la pasteurización por microondas, aunque causó un nivel de inactivación de *L. monocytogenes* semejante y afectó de forma similar a la consistencia y al contenido en carotenoides del mismo que el tratamiento térmico convencional, permitió alcanzar una mayor inactivación de la flora alterante del producto, así como, de las enzimas polifenoloxidasas y pectinmetilesterasa. Además, el tratamiento de pasteurización por microondas preservó en mayor medida el contenido en compuestos bioactivos, la actividad antioxidante y el contenido en clorofilas del producto, dando lugar a un puré de kiwi con un color más semejante al propio de la fruta fresca, que presentó además, una mayor aceptabilidad sensorial, una vida útil más larga (123 días a 4 °C) y una mayor estabilidad de sus propiedades durante el almacenamiento.

En base a todo lo anterior, se recomienda la aplicación de la tecnología microondas como una alternativa interesante al procesado térmico convencional a la hora de pasteurizar un puré de kiwi, así como de otras frutas de características similares, con el fin de obtener productos procesados a base de fruta de mayor calidad sin que la inocuidad de los mismos se vea comprometida.

ABSTRACT

In the present Doctoral Thesis, the suitability of the use of microwave energy as an alternative to conventional heating to safely pasteurise and efficiently preserve the quality of a kiwifruit puree was investigated. To this end, the impact of microwave heating on the enzymatic activity, microorganisms, pathogenic or otherwise, physicochemical, sensory, nutritional and functional properties of the product was studied, following the processing step and during successive storage. On this basis, a pasteurisation microwave treatment was designed and validated, and effectiveness of microwave technology and conventional heating to preserve the safety and quality of the product were compared based on several criteria.

Although microwave processing led to a non-uniform heating of the kiwifruit puree, with the coldest and the hottest spots being located at its central region and its edges, respectively, this technology allowed an effective inactivation of enzymes and microorganisms (pathogen or otherwise) without severely affecting the quality of the product. On the basis of the data provided by the inactivation kinetics of *L. monocytogenes* under microwave heating, along with the outputs of an experimental design, which was used to study the effect of microwave power and process time on the enzymatic inactivation and the functional properties of the product, the best processing conditions that permitted to reach the target level of microbial inactivation as well as minimise the enzymatic activity and maximise the preservation of the functional value of the product were selected. The optimum microwave treatment was found to cause a 90% of peroxidase inactivation and reduce more than 5-log₁₀ cycles of *L. monocytogenes*, with a 99.9% of probability. An equivalent conventional pasteurisation treatment was designed with comparative purposes. From the comparison established, superiority of microwaves over conventional heating to inactivate enzymes and microorganisms was pointed out, given that, on the one hand, lower thermal load (lower value of pasteurisation units) was needed in order to achieve the same level of peroxidase inactivation and, on the other hand, a shorter decimal reduction time (lower D-value) of *L. monocytogenes* was obtained when the kiwifruit puree was processed by means of microwave technology. Accordingly, although microwave pasteurisation led to an analogous inactivation of *L.*

monocytogenes and similarly affected the consistency and carotenoids content of the puree, this treatment gave rise to a superior preservation of the bioactive compounds and antioxidant activity, as well as, the chlorophylls content of the product, allowing a pasteurised kiwifruit puree with a colour more similar to that of the fresh fruit, with a greater sensory acceptability, a longer shelf-life (123 days at 4 °C) and greater stability during storage to be obtained.

In conclusion, more than conventional heating, microwave technology was found to be an appropriate means of processing a kiwifruit puree, as well as any other fruit puree with similar characteristics, so as to obtain high-quality and safe pasteurised fruit-based products.

RESUM

En la present Tesi s'avalua la idoneïtat de l'ús de les microones com a tecnologia alternativa a la pasteurització convencional, per a preservar un puré de kiwi des del punt de vista de la seguretat i la qualitat del mateix. Per a això, s'ha estudiat l'impacte d'esta tecnologia sobre diversos enzims, microorganismes patògens i alterants i distintes propietats fisicoquímiques, sensorials, nutricionals i funcionals del puré, després del processat i durant l'emmagatzemament. S'ha establert i validat un tractament de pasteurització per microones i s'ha comparat l'efectivitat d'esta tecnologia enfront del calfament convencional a l'hora de conservar el producte basant-se en diversos criteris.

Encara que l'energia microones va donar lloc a un calfament heterogeni del puré, detectant-se el punt més fred en la zona central del producte i el punt més calent en la zona superior dels seus laterals, aquest va resultar efectiu per a inactivar tant enzims com microorganismes patògens i alterants, sense causar un excessiu deteriorament de la seua qualitat. Es van obtenir diversos models cinètics que van permetre predir la inactivació microbiològica del puré de kiwi durant el calfament per microones i es va utilitzar un disseny d'experiments per a determinar les condicions de procés més adequades per a pasteuritzar el producte per mitjà d'esta tecnologia, basant-se en la inactivació enzimàtica i el deteriorament de les seues propietats funcionals. El tractament per microones seleccionat va donar lloc a un puré de kiwi tant estable (90% d'inactivació de l'enzim peroxidasa) com innocu (> 5 reduccions logarítmiques de *L. monocytogenes*) a un 99,9% de probabilitat. Així mateix, es va establir un tractament de pasteurització convencional equivalent amb fins comparatius. Arran de la comparació establida, va quedar patent la superioritat de les microones per a inactivar tant enzims com microorganismes, ja que, d'una banda, es va requerir d'una menor càrrega tèrmica (menys unitats de pasteurització) per a aconseguir un nivell equivalent d'inactivació de peroxidasa i, per l'altre, el temps de reducció decimal (valor de D) del microorganisme patògen *L. monocytogenes* va resultar ser menor, quan el puré de kiwi es va processar per mitjà de l'aplicació de microones que quan este es va sotmetre al calfament convencional. En conseqüència, la pasteurització per microones, encara que va

causar un nivell d'inactivació de *L. monocytogenes* semblant i va afectar de forma anàloga a la consistència i al contingut en carotenoides del mateix que el tractament tèrmic convencional, va permetre aconseguir una major inactivació de la flora alterant del producte, així com, dels enzims polifenoloxidasa i pectinmetilesterasa. A més, el tractament de pasteurització per microones va preservar en major grau el contingut en compostos bioactius i activitat antioxidant i el contingut en clorofil·les del producte, donant lloc a un puré de kiwi amb un color més semblant al propi de la fruita fresca, que va presentar a més, una major acceptabilitat sensorial, una vida útil més llarga (123 dies a 4 °C) i una major estabilitat de les seues propietats durant l'emmagatzemament.

Basant-se en tot l'anterior, es recomana l'aplicació de la tecnologia microones com una alternativa interessant al processat tèrmic convencional a l'hora de pasteuritzar un puré de kiwi, així com d'altres fruites de característiques semblants, a fi d'obtindre productes processats a base de fruita de major qualitat sense que la innocuïtat dels mateixos es veja compromesa.