



رساله‌ی دکتری: مریم امیری، ۱۳۹۵

## ارزیابی و مدل سازی تغییرات اسید لینولئیک کنژوگه (CLA) در فرایند تولید محصولات لبنی با استفاده از سیستم استنتاج فازی

در این تحقیق تغییرات فصلی ترکیب اسیدهای چرب به ویژه CLA در شیر و فرآورده های آن با کروماتوگرافی گازی مشخص گردید. همچنین تاثیر فرایندهای مختلف تولید بر روی این ترکیبات بررسی شد. بطور مشخص، پارامترهای سینتیکی اثر حرارت بر CLA چربی شیر تعیین گردید. با استفاده از روش مدل سازی ممدانی تحت قاعده اگر آن گاه فازی، CLA اندازه گیری شده حاصل از تیمارهای اعمال شده دماوزمان در ابزار منطق فازی نرم افزار MATLAB شبیه سازی شدند. به منظور تعیین تاثیر ترکیب اسید چرب بر خصوصیات ذوب، پروفایل DSC ذوب چربی شیر در چهار فصل مشخص گردید.

نتایج نشان دادند در بین شیر و محصولات لبنی، ایزومر 9CLA، 11t حداقل مقدار را در شیر خام بهار و کره تابستان (0.01) داشت و حداکثر آن در شیراستریل زمستان (0.08) بود. حداقل مقدار ایزومر 10CLA، 12t در شیراستریل تابستان (0.38) و حداکثر آن در شیر خام تابستان و شیراستریل پاییز و بهار (0.59) بود. CLA کل در شیراستریل زمستان (0.42) کمترین مقدار و در شیراستریل بهار (0.65) بیشترین مقدار را داشت. تغییرات فصلی با اطمینان 95% بر مقدار ایزومرها و CLA کل در شیر و فرآورده های آن تاثیر نمی گذارد و اختلاف معنی داری در فصول مختلف دیده نشد.

روند تغییرات CLA کل از شیر خام به محصول در شیر استریل و ماست نزولی، در کره صعودی و در پنیر تغییری نداشته است. اما اختلافات موجود در CLA کل و ایزومرهای آن، در فرایندهای مختلف تولید فرآورده های لبنی معنی دار نبود. در ترکیب اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع محصولات لبنی به استثنای پنیر، در طی فرایند تولید اختلاف معنی دار وجود نداشت. اسیدهای چرب اشباع در پنیر تولید شده پس از پنج روز نگهداری بیشترین مقدار را داشت.

با اندازه گیری CLA چربی شیر در طی حرارت دهی مشخص گردید با افزایش دما از 70°C به 130°C CLA بیشتر تخریب و اکسید شد. در بررسی سینتیک تخریب حرارتی CLA، نتایج نشان داد که تجزیه حرارتی CLA از معادله درجه صفر پیروی می کند. از مدل آرنیوس برای توصیف وابستگی دمایی تجزیه CLA در چربی شیر استفاده شد و انرژی فعال سازی 23.10 کیلوژول/مول محاسبه گردید.

مقادیر پیش بینی شده CLA توسط مدل منطق فازی در برابر مقادیر تجربی، ضریب همبستگی بالاتر از 0.99 را نشان داد که این خود دلیلی بر ارزیابی دقیق مدل منطق فازی می باشد.

منحنی های ذوب تجزیه ی گرماسنجی افتراقی، وجود سه پیک ذوبی مشخص در نتیجه ی وجود تری گلیسریدهای مختلف با مقادیر مختلف اسیدهای چرب در نمونه های چربی شیر فصول مختلف را نشان داد. دمای ذوب جزء با نقطه ذوب پایین و جزء با نقطه ذوب بالا در زمستان بیشترین مقدار و در تابستان کمترین مقدار را داشت. دمای ذوب جزء با نقطه ذوب متوسط در پاییز بیشترین مقدار و تابستان کمترین مقدار را داشت.



کلیدواژه‌ها: اسید لینولئیک مزدوج، منطق فازی، سینتیک تخریب حرارتی، آنالیز گرماسنجی افتراقی، شیر و فرآورده های آن

شماره‌ی پایان‌نامه: ۱۲۷۵۰۴۱۸۹۲۲۰۰۱

تاریخ دفاع: ۱۳۹۵/۰۴/۰۹

رشته‌ی تحصیلی: علوم و صنایع غذایی - تکنولوژی مواد غذایی

دانشکده: کشاورزی و دامپزشکی

استادان راهنما: دکتر امیرحسین الهامی راد و دکتر زهرا پیروای ونک

### ***Ph.D. Dissertation:***

## Evaluation and modeling of conjugated linoleic acid (CLA) changes in production process of dairy products using fuzzy inference system

The present study was designed to investigate the seasonal changes of fatty acid compounds, especially CLA in milk and its products using the gas chromatography approach. In addition, the effect of various processes on such compounds was studied. Using the Mamdani-type fuzzy inference under the if-then principle, the estimated CLA induced by the implemented conditions on time and temperature was simulated in the fuzzy logic model of MATLAB software. Moreover, the milk fats melting DSC profile was determined in four seasons in order to investigate the effect of fatty acids compounds on melting features.

The results indicated that in among milk and dairy products, the CLAc9-t11 isomer was lowest (0.01) in springs intact milk and summers butter, and highest (0.08) in winters sterilized milk. As for the CLAc10, t12 isomer, the lowest amount (0.38) was detected in summers sterilized milk and the highest amount (0.59) was found in summers intact milk and spring and summers sterilized milk. The total CLA was lowest (0.42) in winters sterilized milk and highest (0.65) in springs sterilized milk. Seasonal changes showed no effect on the amount of isomers and the total amount of CLA in milk and its products within a 95% confidence interval, nor was there any significant difference among the four seasons in this respect.

Regarding changes in the total CLA value from intact milk to the products, the pattern was descending in sterilized milk and yoghurt, ascending in butter, and unchanged in cheese. On the other hand, differences observed in the total CLA amount and its isomers were insignificant as far as the different production processes of the products under investigation are concerned.

Through the measurement of milk fats CLA during heating, it was shown that CLA was prone to a greater degree of decomposition and oxidization following a temperature increase from 70°C to 130°C. In the kinetic analysis of CLAs thermal degradation, the results showed that CLA thermal degradation follows the zero equation model. With



respect to the description of CLA degradations temperature dependence in milk fat, the Arrhenius equation yielded an activation energy estimation of 23.10 KJ/M.

The predicted CLA amounts based on the fuzzy logic model as opposed to empirical amounts induced a correlation coefficient exceeding 0.99, which proves the accuracy involved in the estimations within the fuzzy logic model.

The melting curves of differential scanning calorimetry showed three conspicuous melting peaks owing to different triglycerides with different amounts of fatty acids in season-specific samples. Melting temperature in low and high melting fractions was highest in winter and lowest in summer. Melting temperature in medium melting fraction was highest in fall and lowest in summer.