بررسی ترکیب اسیدهای چرب خامه‌های پاستوریزه صنعتی جنوب ایران

محمد هادی ناجی[a]، فخری شهیدی[b*]، سید علی مرتضوی[b]، آرش کوچکی[b]، هادی اسکندری[c]

[a] دانشجوی دکترای علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[b] استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[c] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۰۲

چکیده

مقدمه: در ساختمان چربی خامه نسبت به سایر چربی‌های طبیعی طیف گسترده تری از اسیدهای چرب وجود دارند. اسیدهای چرب طبیعی اشباع زوج کربنه و فرد کربنه ، اسیدهای چرب شاخه دار با یک انشعاب متیلی، اسیدهای چرب شاخه‌دار با چند انشعاب متیلی، تعدادی از اسیدهای چرب دی و پلی انوئیک، اسیدهای چرب کتو هیدروکسی و اسیدهای چرب سیکلو هگزیل درخامه شناسایی شده اند.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق از شیر صنعتی تحویل شده به سه شرکت تجاری معتبر در جنوب ایران جهت تولید خامه استفاده گردیده و خامه ۳۰٪ درصد چربی از شیر استحصال، پاستوریزه و بسته‌بندی شد. به فاصله هر ۳ ساعت یکبار واز شروع تا انتهای تولید ۳ نمونه برداشته شد که نمونه اول در روز تولید و نمونه‌های دوم و سوم پس از سه و شش روز از تولید از لحاظ ترکیب اسید چرب مورد بررسی قرار گرفت. عملیات استخراج، آماده سازی متیل استر اسیدهای چرب خامه انجام و سپس ترکیب اسیدهای چرب خامه با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی Plus Varian مشخص شد.

یافته‌ها: مقایسه بین ترکیب اسیدهای چرب نمونه‌های مختلف خامه تا حدی ناشی از اختلاف در جیره غذایی است. میزان اسید بوتانوئیک حدود ۱ درصد بود که بین سه نمونه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین میزان اسید چرب غیر اشباع مضاعف مربوط به نمونه C بود. کمترین مقدار اسید چرب زنجیره متوسط را نمونه A و بیشترین مقدار را نمونه B به خود اختصاص دادند. بیشترین مقدار اسید چرب C16:0 مربوط به نمونه A بوده و نمونه B وC در اولویت‌های بعدی قرار داشتند. بیشترین مقدار اسید چرب ترانس در بین نمونه‌ها را می‌توان به C و سپس نمونه A وB نسبت داد.

نتیجه‌گیری: مقایسه اسیدهای چرب خامه‌های تولید شده مختلف در سطح $p \leq ۰/۰۵$ نشان داد بین خامه‌های تولیدی اختلاف معناداری وجود دارد. این مطالعه نشان داد که در بین افراد یک گونه درصد و ترکیب چربی و در نتیجه نسبت اسیدهای چرب، ثابت و یکسان نیست.

واژه‌های کلیدی: *اسید چرب، پاستوریزه، گاز کروماتوگرافی، متیل استر*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: fshahidi@um.ac.ir

مقدمه

اسیدهای چرب موجود در شیر یا در اثر فعالیت غدد پستانی ساخته می‌شوند و یا از خون سرچشمه می‌گیرند. منشاء اصلی اسیدهای چرب موجود در خون رژیم غذایی می‌باشند ولی اسیدهای چرب آزاد شده از بافت‌های بدن به ویژه اسیدهای چربی که در اثر لیپولیز بافت چربی حاصل می‌شوندنیز به آن اضافه می‌شوندترکیب اسیدهای چرب تحت تاثیر فاکتورهای مختلفی نظیر تغییرات فصلی، نژاد، سن حیوان و طول دوره دوره شیردهی قرار می‌گیرد. به طوری که عدد یدی چربی شیر در فصل تابستان چند واحد بیشتر از فصل زمستان است که این امر به تفاوت غذای مورد استفاده دام دراین فصول و در نتیجه تغییر نسبت اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع برمی می‌گردد که این تفاوت در آب و هوای سردتر به میزان جزئی بیشتر باشد (Christie, 1995).

در ساختمان چربی خامه نسبت به سایر چربی‌های طبیعی طیف گسترده‌تری از اسیدهای چرب وجود دارند. بالغ بر ۴۰۰ اسید چرب متفاوت از خامه ایزوله و شناسایی شده‌اند. اغلب این اسیدها فقط با استفاده از ترکیب تکنیک‌های پیشرفته کروماتوگرافی و اسپکتروسکوپی شناسایی شده بعضا فقط در گروه‌های جزئی چربی شیر گاو دیده می‌شوند (Fox, 1997).

اسیدهای چربی که تاکنون در خامه شناسایی شده اند عبارتند از: اسیدهای چرب طبیعی اشباع زوج کربنه و فرد کربنه از C2 تا C28، اسیدهای چرب شاخه‌دار با یک انشعاب متیلی از C11 تا C28 (شامل ایزومرهای مکانی متعدد)،اسیدهای چرب شاخه‌داربا چند چند انشعاب متیلی از C16 تا C26 (در کل ۱۱۵ ایزومر هندسی و مکانی)، تعدادی از اسیدهای چرب دی و پلی‌انوئیک، اسیدهای چرب کتو هیدروکسی (ایزومرهای مکانی زیاد و زنجیره‌های آسیل اشباع و غیر اشباع)و اسیدهای چرب سیکلو هگزیل (Jensen, 2000).

در شرایط فیزیولوژی طبیعی اسیدهای ۱۶:۰، ۱۸:۰، ۱۸:۱ اسیدهای چرب اصلی خامه هستند که در نشخوارکنندگان از طریق خون در دسترس غدد پستانی قرار می‌گیرند. نسبت تخمینی چربی‌های خون بین ۳۵ تا ۸۲ درصد متغییر است. همچنین پایین بودن غلظت اسیدهای چرب چند غیر اشباعی(PUFA)[1] از ویژگی‌های عمده اسیدهای چرب موجود در چربی خامه است، که از لحظ تغذیه‌ای نامطلوب در نظر گرفته شده است (Zegarska, 2003).

میزان اسید های چرب اشباع شیر ۶۶/۶۴ درصد اسید چرب و در خامه ۶۵/۵۳ درصد اسید چرب است. اسید پالمتیک به میزان ۳۲/۹۷ درصد در شیر و ۳۲/۲۲ درصد در خامه به‌عنوان اسید چرب غالب در نظر گرفته شده همچنین مقدار اسید لینولئیک مزدوج که امروزه به دلیل خواص سلامتی بخش آن بسیار مورد توجه است در شیر۴۴ درصد و در خامه۴۳ درصد است (Zegarska *et al*., 2001).

مجموع میانگین اسیدهای چرب کوتاه زنجیره و اشباع ۷/۰۵ درصد و مقدار اسید استئاریک ۱۳/۰۶ درصد است. مقدار اسید اولئیک ۲۳/۳۹ درصد و مقدار ایزومرهای سیس اسیدهای چرب ۱۸ کربنه دارای یک باند دوگانه برابر ۷۸ درصد و ایزو مرهای ترانس آن ۲/۲۳ درصد می باشد. مقدار اسید لینولئیک ۳/۷۸ درصد، ایزومر ۹–سیس ۱۱ ترانس ۴۳ درصد و سایر ایزومرهای مزدوج به همراه اسیدهای چرب ۲۳ و ۲۴کربنی ۲۴ درصد هستند (Belitz *et al*., 2009).

اسید لینولئیک یک اسید چرب مهم ضروری در خامه می‌باشد، اخیرا ایزومرهای کنژوکه اسید لینولئیک (CLA)[2] بسیار مورد توجه قرارگرفته است که دارایی خواص تشدید کننده سلامت بخشی نظیر فعالیت ضد سرطان‌زائی و ضد تصلب شرائین و کاهش بدن می‌باشد. چربی که مخلوطی از هشت ایزومر مکانی و هندسی اسید لینولئیک است، از میان این هشت ایزومر فقط ایزومر سیس ۹، ترانس ۱۱ دارای فعالیت زیستی می‌باشد (Chilliard, 2001).

روشی که برای ارائه نتایج آزمایشات میزان اسیدهای چرب استفاده می‌شود (درصد وزنی از کل اسیدهای چرب) در واقع ارزش این اسیدها را کمتر از آنچه هست نشان می‌دهد. در صورتی که اگر نتایج بر مبنای درصد مولی بیان شود،اسید بوتیریک تا ۱۴ درصدچربی شیر را به خود اختصاص می‌دهد و یا به عبارت دیگر تا ۴۰ درصد ازتری گلسیریدها شیر حاوی اسید بوتیریک می‌باشند (AbuGhazaleh *et al*., 2002).

در پژوهشی خواص فیزیکو شیمیایی و حسی خامه مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش از خامه صبحانه ۳۰

[1] Polyunsaturated Fatty acids

[2] Conjugated Linoleic Acids

درصد چربی (به عنوان پایه تولید استفاده شد و اثر کنسانتره پروتئینی شیر[1](MPC) در مقادیر مختلف بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی (آب انداختگی، ویسکوزیته ظاهری، pH اسیدیته، چربی) و حسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مقایسه با نمونه شاهد با افزایش میزان MPC اسیدیته و ویسکوزیته ظاهری به طور معنی‌داری افزایش و چربی، آب انداختگی و pH به طور معنی داری کاهش می یابند (Auty, 2011).

فاز لیپیدی در خامه در برگیرنده طیف وسیعی از چربی‌ها شامل چربی حیوانی (چربی کره) می‌باشد. دلیل اصلی تقلبات در خامه و کره استفاده از روغن و چربی‌های گیاهی به جای چربی کره قیمت به مراتب پایین‌تر آنها می‌باشد (Trivedi *et al*., 2008).

توسعه طعم در خامه در نتیجه یکسری فرایندهای پیچیده میکروبی، بیوشیمیایی و شیمیایی است که طی دوره رسیدگی اتفاق می‌افتند. ترکیبات طعم‌زا از طریق انجام فرآیندهای مختلف که با هم و یا به صورت متناوب صورت می‌گیرند تشکیل می‌شوند نظیر: تبدیل لاکتوز و سیترات (گلیکولیز و متابولیسم پیرووات)، تجزیه چربی (لیپولیز) و تجزیه کازئین‌ها (پروتئولیز) (Hannon *et al*., 2007).

مواد و روش‌ها

- تهیه وآماده سازی نمونه ها

در این تحقیق از شیر صنعتی (با شرایط یکسان از نظر نژاد، فاصله شیر دوشی، فصل، شرایط آب و هوایی و دمایی منطقه) تحویل شده به سه شرکت تجاری معتبر در جنوب ایران جهت تولیدخامه استفاده گردید.از شیر تحویلی به کارخانه نمونه‌برداری وبه سالن پاستوریزه کارخانه انتقال یافت. سپس توسط دستگاه پاستوریزاتور APV مدل ۴۱۰۲ پاستوریزه و چربی آن توسط سپراتور مدل APV استاندارد شد (حداکثر ۳۰ درصد) سپس سرد کردن تا دمای ۴۵-۴۰ درجه سانتیگراد انجام شده و اضافه نمودن ۰/۵ درصد پایدار کننده BK صورت گرفت سپس عملیات هموژنیزاسیون توسط هموژنیزار دومرحله‌ای مدل تترا پک (مرحله اول bar ۱۵۰ و مرحله دوم bar ۶۰) هموژنیزه شده و خامه هموژن شده جهت پاستوریزاسیون به تانک خامه پاستوریزه ارسال گردید. پاستوریزاسیون خامه به صورت غیر مداوم و در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه انجام شد. سپس عملیات سرد کردن تا دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد انجام و به سالن بسته بندی ارسال و در بسته‌های ۲۰۰ گرمی بسته‌بندی و به سردخانه ۴ درجه سانتی‌گراد منتقل شد.

نمونه‌برداری خامه به روشAOAC [2] شماره ۲۶-۹۷۰ انجام شد. سپس نمونه‌ها بر اساس استاندارد AOAC شماره ۱۲-۹۶۸ به آزمایشگاه منتقل گردید.از شروع تولید به فاصله هر سه ساعت یکبار ۳ نمونه برداشته شد که نمونه اول در روز تولید و نمونه‌های دوم و سوم پس از سه و شش روز از تولید از تولید از لحاظ ترکیب اسید چرب مورد بررسی قرار گرفت (AOAC, 2005).

- ارزیابی حسی خامه

ارزیابی حسی با استفاده از فرم‌های ارزیابی حسی و هدونیک تست انجام شد که در این فرم‌ها خامه از نظر رنگ، بافت، طعم و مزه و به صورت کلی توسط ۱۵ پانلیست مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمون‌های ارزیابی حسی، در اتاقک ارزیابی حسی که نور آن تنظیم شده بود انجام شد. برای ارزیابی حسی ابتدا نمونه‌ها به طور تصادفی با اعداد و حروف انگلیسی کدگذاری شدند و سپس به همراه فرم‌ها در اختیار افراد قرار گرفتند. نحوه امتیازدهی به هر پارامتر به صورت پنج گزینه‌ای بود (Bodyfelt, 1988).

- آزمون‌های شیمیایی خامه

- ماده خشک

میزان ماده خشک خامه بر طبق روش استانداردISO به شماره ۵۵۳۶ به وسیله حرارت ۲±۱۰۲ درجه سانتی‌گراد توسط دستگاه رطوبت‌سنج Sartorius مدل ۴۵MA خشک و در سه تکرار تعیین و برای هر نمونه گزارش شد اختلاف نتایج نبایداز ۰/۰۵ درصد بیشتر باشد (ISO, 2002).

- پروتئین

میزان پروتئین خامه با روش مرجع ماکرو کجلدال بر طبق روش استاندارد IDF به شماره ۱-۰۲۰ در سه تکرار

[1] Milk Protein Concentrate

[2] Association of Official Analytical Chemists

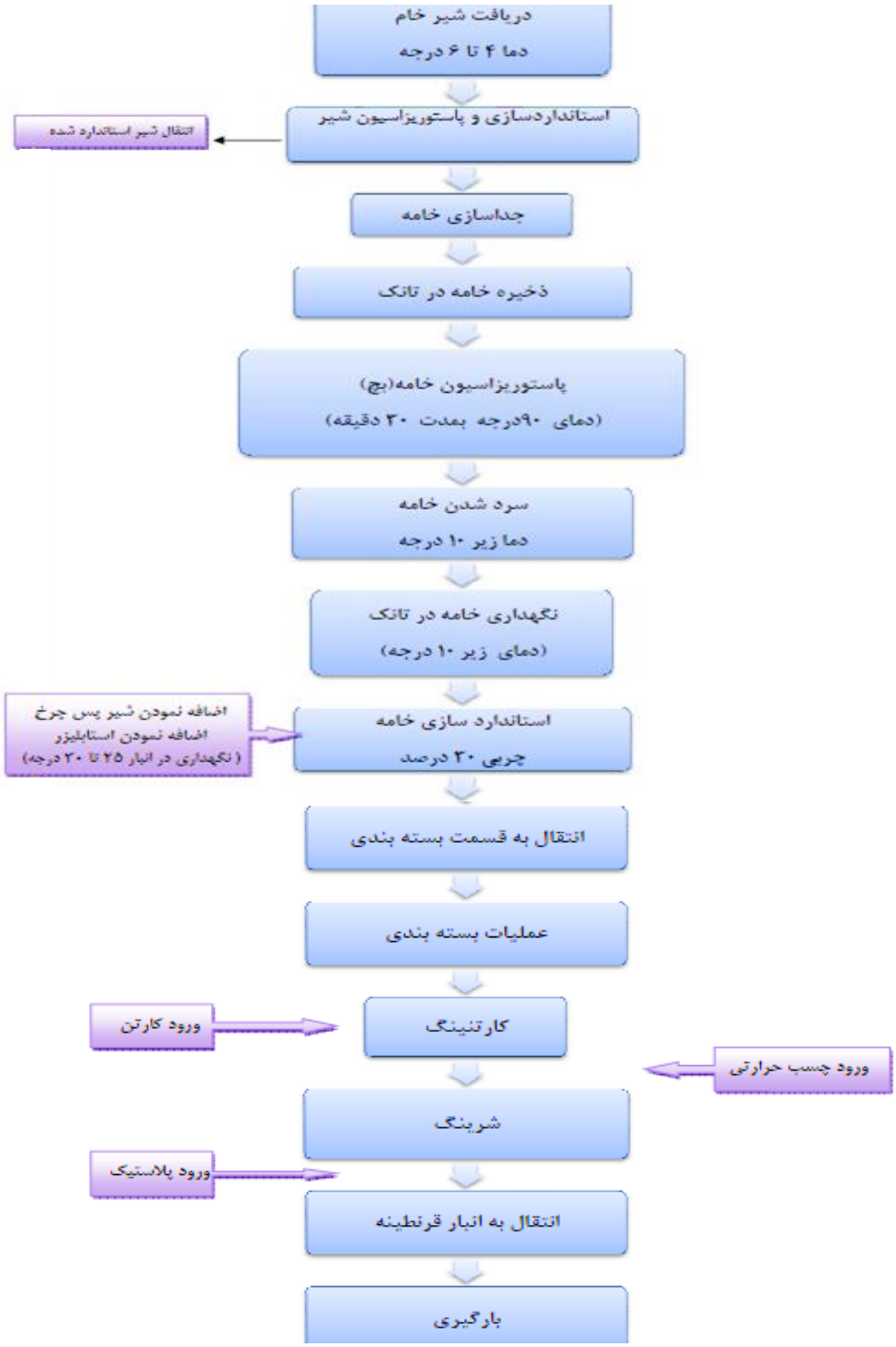
تعیین و به صورت درصد گزارش شد (IDF, 2001).

- لاکتوز

لاکتوز موجود درخامه با استفاده از دستگاه Milko Scan مدل FT۱۲۰ در طول موج ۹/۶۱۰nm با اندازه‌گیری گروه‌های هیدروکسیل در سه تکرار تعیین و به صورت درصد گزارش شد (Biggs, 1978).

- اسیدیته

ارزیابی وضعیت اسیدیته خامه طبق روشAOAC به شماره ۰۵-۹۴۷ و توسط تیتراسیون مورد بررسی قرارگرفت (AOCS, 1998).



شکل ۱- فرایند تولید خامه پاستوریزه صنعتی

pH- -

pH نمونه‌ها توسط دستگاه pH متر Knick در سه تکرار تعیین و گزارش شد دقت شد که دمای خامه حدود ۲۰ درجه سلسیوس وحداقل ۴۵ ثانیه خامه با الکترود در تماس باشد (Varnam *et al*., 1994).

- **فسفاتاز**

آزمون فسفاتاز به روش لاکتوگنوست تا ظهور رنگ قهوه ای مایل به آجری انجام شد بااین روش تا۰/۳ درصد خامه غیر پاستوریزه مشخص می‌شود (Harding, 1995).

- **املاح**

میزان املاح خامه با روش استاندارد IDF به شماره ۱۲C در سه تکرار تعیین وبه صورت درصد گزارش شد (IDF, 2000).

- **چربی**

میزان چربی بر طبق روش AOAC به شماره ۲۲-۹۹۱ در دو تکرار تعیین وبه صورت درصد گزارش شد (AOAC, 2005).

- **اندازه گیری ترکیب اسیدهای چرب خامه**

۱) استخراج چربی خامه

استخراج چربی خامه با استفاده از روش IDF به شماره ۱۶ انجام شد.۱۰۰ گرم خامه در درون حمام آب گرم به مدت ۵ ساعت تا دمایی ۳۵ درجه سانتی گرادگرم و سپس کاملا مخلوط و تا دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرد شد.مقداری آب مقطر با دمایی۵۰ درجه سانتی گراد به ۰/۶ گرم از چربی استخراجی درون لوله استخراج چربی بالن موژونیر اضافه وکاملا مخلوط تا حجم کلی به ۱۰ میلی لیتر رسید.سپس ۲ میلی لیتر آمونیاک اضافه و در حمام آب گرم با دمایی ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد.۱۰ میلی لیتر اتانل و۲۵ میلی لیتر دی اتیل اترو ۲۵ میلی لیتر پنتان اضافه و بعد از هر مرحله به دقت مخلوط شد.سپس حلال‌ها با روش تقطیر جدا گردید.

ظرف جمع‌آوری چربی به مدت ۱ ساعت در آون در دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد تا تبخیر کامل حلال قرار داده شد. شفافیت چربی نشانه اتمام کار و عدم وجود مواد چرب دیگر می‌باشد (IDF, 2002).

۲) آماده سازی متیل استر اسیدهای چرب خامه

آماده سازی متیل استر اسیدهای چرب خامه با روش IDF به شماره ۱۸۲ انجام شد. مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم از چربی استخراج شده از خامه با تقریب ۵ میلی‌گرم‌توزین شد. ۵ میلی لیتراز حلال هگزان نرمال به نمونه اضافه و سپس مخلوط گردید. مقدار ۰/۲ میلی‌لیتر از محلول متانولی پتاسیم هیدروکسیددر لوله درب‌دار به نمونه اضافه و به شدت به مدت ۱ دقیقه مخلوط شد. بعد از ۵ دقیقه مقدار ۰/۵ گرم پودر سدیم هیدروژن سولفات به لوله اضافه و مخلوط گردید.لوله آزمایش درسانترفیوژ با توانایی (r.p.m)۵۰ ±۳۵۰ و به مدت ۳ دقیقه در درجه حرارت اتاق سانترفیوژ شد (IDF, 2002).

۳) اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب خامه با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی

اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب خامه با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی با استفاده از روش ISO به شماره ۱۵۸۸۵ انجام شد. ۰/۴ میکرولیتر از متبل استر تهیه و به دستگاه گاز کروماتوگرافی plus Varian با دمای بخش تزریق کننده ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد تزریق و سپس توسط گاز حامل هلیوم درستون ۱۲۰ متری نوع پلار با برنامه دمایی

۱۰دقیقه/۱۱۰ درجه سانتی گراد

دقیقه/۱۰ درجه سانتی گراد/۲۰۰ درجه سانتی‌گراد

۴۰ دقیقه/۲۰۰ درجه سانتی گراد

جدا سازی و توسط آشکارساز 1FID با نسبت جداسازی ۱/۱۰۰ و گاز اکسیژن با فشار ۴۰ بار و هوا با فشار ۵۰ بار و دمایی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام و در آشکار ساز ترکیب اسیدهای چرب مشخص شد(ISO, 2008).

کلیه مواد شیمیایی استفاده شده برای آزمایشات این تحقیق ساخت شرکت آلمانی مرک[1] بودند.

- **تجزیه و تحلیل آماری**

از طرح کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل برای انجام

[1] Merck

تیمارها استفاده شده و برای تشخیص وجود اختلاف معنی-دار بین میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان بیش از ٪۹۵ استفاده شد. همچنین جهت انجام آنالیز آماری و مقایسه بین نتایج از آزمون‌های تجزیه واریانس (Anova) و نرم افزار SPSS استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج به دست آمده از آزمایشات خامه و آنالیز آماری در این بخش آورده شده است. کلیه بررسی‌های آماری و معنی‌دار بودن یا نبودن داده‌ها در سطح $p \leq ۰/۰۵$ انجام شد. اطلاعات ارائه شده در این بخش کمک می‌نماید تا خصوصیات خامه های تولید شده مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

- آزمایش‌های حسی

از آنجایی که پارامترهای فیزیکی نظیر رنگ، عطر و طعم و بافت در بازارپسندی و پذیرش محصول توسط محصول کننده تأثیر اساسی و بسزایی دارد، بنابراین ارزیابی حسی این ویژگی‌ها در خامه پاستوریزه توسط افراد گروه ارزیابی چشایی انجام شد. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در بررسی رنگ اختلاف معنی‌داری دیده شد. در ارزیابی رنگ، نمونه B دارای امتیاز بالاتری نسبت به A و C بود. در هموژنیزاسیون، چون درجه حرارت و فشار یکسان در نظر گرفته شد، لذا اندازه ذرات اولیه چربی است که تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی رنگ خواهد داشت. در ارزیابی عطر و طعم بین سه نمونه اختلاف معنی‌دار مشاهده نمی‌گردد. بافت نمونه B امتیاز بالاتری نسبت به دو نمونه دیگر داشته و با توجه به ارتباط بین رنگ و اندازه گلبول‌های چربی و همچنین اندازه گلبول‌های چربی و ویسکوزیته می‌توان این مورد را توجیه کرد. در ارزیابی حسی بافت بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌گردد. طبق جدول۱ ، در ارزیابی کلی بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌گردد.

- -زمایش‌های شیمیایی

بر اساس استاندارد ملی ایران ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی و خامه سبک در جدول ۲ آورده شده است (استاندارد ملی ایران، ۱۳۷۲).

جدول ۱- ارزیابی حسی

	خامه		
	نمونه A	نمونه B	نمونه C
رنگ	$۴/۶۰ \pm ۰/۶۳^{cc}$	$۴/۸۷ \pm ۰/۸۳^{d}$	$۴/۷۰ \pm ۰/۴۵^{d}$
بافت	$۴/۸۰ \pm ۰/۷۷^{bc}$	$۵/۴۰ \pm ۰/۷۴^{c}$	$۵/۳۰ \pm ۰/۶۴^{c}$
عطر و طعم	$۴/۰۷ \pm ۰/۷۴^{b}$	$۴/۱۳ \pm ۰/۱۶^{b}$	$۴/۰۱ \pm ۰/۰۶^{b}$
کلی	$۴/۷۳ \pm ۰/۷۰^{b}$	$۴/۸۰ \pm ۱/۰۱^{c}$	$۴/۶۷ \pm ۰/۳۸^{b}$

* اعداد درون جدول میانگین ۱۵ تکرار و به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار می‌باشد. در هر ردیف حروف کوچک نشاندهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خامه سبک(استاندارد ملی ایران،۱۳۷۲)

	ویژه‌گی فیزیکی			حد مجاز ترکیبات شیمیایی (٪)		
محصول	رنگ	طعم و بو	چربی	فسفاتاز قلیایی	اسیدیته	pH
خامه پاستوریزه	سفید یا سفید کرم رنگ	فاقد طعم و بوی خارجی	بیشتر از ۱۸ و کمتر از ۳۵ درصد وزنی	منفی	۰/۰۹ -۰/۱۵ (لاکتیک)	۶/۵۶-۶/۸

با توجه به تأثیر قابل توجه ترکیبات مواد اولیه بر محصول نهایی برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خامه اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده از آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی در جدول ۳ خلاصه شده است.

نتایج ازمایشات نشان می‌دهدنمونه‌های مورد آزمایش با استاندارد ایران شماره ۱۳۶۳۵ (خامه طعم‌دار پاستوریزه و فرآدما – (UHT) ویژگی‌ها) مطابقت دارد (چربی، اسیدیته و...).

پارامترهای شیمیایی نظیر پروتئین، چربی، لاکتوز و املاح به عنوان ترکیبات اصلی شیر در پذیرش محصول توسط مصرف کننده تأثیر اساسی و بسزایی دارد، همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در بررسی ماده خشک اختلاف معنی‌دار دیده می‌شود. در ارزیابی پروتئین ، نمونه B پروتئین بیشتری نسبت به Aو C داشته، در ارزیابی چربی بین سه نمونه اختلاف معنی‌دار مشاهده نمی‌گردد. میزان لاکتوز نمونه B مقدار بالاتری نسبت به دو نمونه دیگر داشته و با توجه به اینکه مقدار چربی،پروتئین،مواد جامد بدون چربی و کل مواد جامد دارای همبستگی مثبت هستند می‌توان معنی‌دار را توجیه کرد. طبق جدول ۲، در ارزیابی کلی بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌گردد.

- آزمایش‌های فیزیکی خامه

ویسکوزیته به مقدار چربی،پروتئین، دمایی خامه و دمایی فرایند بستگی دارد ویسکوزیته خامه با فشار هموژنایزر رابطه مستقیم و با دمایی هموژن رابطه عکس دارد. نتایج نشان داد در خصوص ویسکوزیته و میزان آب‌انداختگی بین نمونه‌های مختلف اختلاف معناداری وجود ندارد.

خصوصیات گاز کروماتوگرافی اسیدهای چرب چربی خامه یک الگوی فصلی مشخص را نشان می‌دهد. این تغییرات بویژه برای C4:0، C16:0، C18:1، واضح می‌باشد.

جدول ۳- برخی خصوصیات شیمیایی خامه

ترکیبات خامه / محصول	نمونه A	نمونه B	نمونه C
رطوبت (٪)	۶۵/۶۸ ± ۰/۷۶ ^{b}	۶۴/۹۶ ± ۰/۰۵ ^{c}	۶۵/۵۵ ± ۰/۵۲ ^{b}
پروتئین (٪)	۱/۷۶ ± ۰/۰۵ ^{b}	۱/۹۲ ± ۰/۰۵ ^{c}	۱/۷۱ ± ۰/۰۲ ^{b}
چربی (٪)	۳۰/۰۰ ± ۰/۰۴ ^{b}	۳۰/۲۱ ± ۰/۰۸ ^{b}	۳۰/۱۵ ± ۰/۰۶ ^{b}
اسیدلاکتیک(٪)	۰/۱۱ ^{c}	۰/۱۰ ^{d}	۰/۱۲ ^{c}
pH	۶/۶۱ ± ۰/۰۲ ^{b}	۶/۷ ± ۰/۰۱ ^{b}	۶/۶۳ ± ۰/۰۸ ^{b}
لاکتوز (٪)	۲/۱۱ ± ۰/۰۱ ^{b}	۲/۴۵ ± ۰/۰۷ ^{c}	۲/۱۴ ± ۰/۰۴ ^{b}
املاح (٪)	۰/۴۵ ± ۰/۰۱ ^{b}	۰/۴۶ ± ۰/۰۱ ^{b}	۰/۴۵ ± ۰/۰۱ ^{b}

اعداد درون جدول میانگین سه تکرار و به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشد.

جدول ٤- برخی خصوصیات فیزیکی خامه

خصوصیات فیزیکی خامه / محصول	نمونهA	نمونهB	نمونهC
آب انداختگی (میلی لیتر)	۱/۹۶ ± ۰/۰۵ ^{b}	۱/۸۷ ± ۰/۰۵ ^{c}	۱/۹۱ ± ۰/۰۲ ^{b}
ویسکوزیته (ثانیه)	۳۰/۰۰ ± ۰/۰۴ ^{b}	۳۰/۲۱ ± ۰/۰۸ ^{b}	۳۰/۱۵ ± ۰/۰۶ ^{b}

اعداد درون جدول میانگین سه تکرار و به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشد

جدول ۵- نتایج آزمون کروموتوگرافی گازی سه نمونه خامه پاستوریزه

ردیف	ویژگی / نوع اسید چرب	نمونه A	نمونهB	نمونه C
		درصد اسید چرب	درصد اسید چرب	درصد اسید چرب
۱	C4:0	۱ ± ۰/۳ ^{a}	۱ ± ۰/۰۶ ^{a}	۱ ± ۰/۰۸ ^{a}
۲	C6:0	۰/۸۲ ± ۰/۰ ^{b}	۱ ± ۰/۰ ^{a}	۰/۹۸ ± ۰/۰ ^{a}
۳	C8:0	۰/۷۵ ± ۰/۰ ^{a}	۰/۹۶ ± ۰/۰ ^{b}	۰/۷۸ ± ۰/۰ ^{a}
۴	C10:0	۲ ± ۰/۱۶ ^{a}	۲/۵ ± ۰/۱ ^{b}	۲/۰۵ ± ۰/۰۴ ^{c}
۵	C12:0	۲/۸ ± ۰/۰۳ ^{a}	۳/۲ ± ۰/۰۶ ^{b}	۲/۶۵ ± ۰/۰۱ ^{c}
۶	C14:0	۱۰/۶۴ ± ۰/۱۵ ^{a}	۱۱/۴۶ ± ۰/۳ ^{b}	۹/۴۲ ± ۰/۱ ^{c}
۷	C14:1	۱/۲۵ ± ۰/۰۶ ^{a}	۱/۳ ± ۰/۰۱ ^{a}	۰/۸۶ ± ۰/۰ ^{b}
۸	C16:0	۳۴/۹۴ ± ۰/۱۲ ^{b}	۳۲/۳۱ ± ۰/۲۰ ^{a}	۳۲/۳۳ ± ۰/۱۴ ^{a}
۹	C16:1	۱/۸۸ ± ۰/۲۶ ^{a}	۱/۸۶ ± ۰/۰۱ ^{a}	۱/۵۲ ± ۰/۰۳ ^{b}
۱۰	C18:0	۹/۸ ± ۰/۱۱ ^{a}	۱۰/۳ ± ۰/۰۳ ^{b}	۹/۹۵ ± ۰/۰ ^{a}
۱۱	C18:1(cis)	۲۴/۱ ± ۰/۰۸ ^{a}	۲۴/۹ ± ۰/۰۹ ^{a}	۲۷/۰۳ ± ۰/۳۷ ^{b}
۱۲	C18:1(trans)	۲/۲ ± ۰/۰۲ ^{a}	۱/۱۲ ± ۰/۱۸ ^{b}	۳/۴۸ ± ۰/۰۵ ^{c}
۱۳	C18:2	۲/۷ ± ۰/۰۴ ^{a}	۲/۷ ± ۰/۰۱ ^{a}	۳/۲۵ ± ۰/۰۳ ^{b}
۱۴	C18:2(trans)	۰/۳۲ ± ۰/۰ ^{b}	۰/۴ ± ۰/۰ ^{a}	۰/۴۲ ± ۰/۰ ^{a}
۱۵	C20:0	۰/۸ ± ۰/۰۱ ^{a}	۱ ± ۰/۱۳ ^{b}	۰/۹۴ ± ۰/۰ ^{b}

اعداد درون جدول میانگین سه تکرار و به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشد

بحث

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خامه‌های تولید شده به برخی از متغیرهای فرایند نظیر مشخصات خوراک (ویسکوزیته، اندازه گلبول‌های چربی و سرعت جریان) و هموژنیزاسیون (درجه حرارت، فشار) و همچنین به نوع هد بستگی دارد. بنابراین بهینه ساختن شرایط فرایند به منظور به دست آوردن محصولاتی با خصوصیات حسی مناسب و بازده فرایند بهتر، لازم و ضروری است (Alston, 1995).

پروتئین‌ها (کازئین و آلبومین) و فسفات‌ها (فسفات اسیدی) مهمترین عوامل در میزان اسیدیته هستند، اسیدیته خامه همچنین تحت تاثیر فعالیت باکترهای لاکتیک و تخمیر لاکتوز بوده، اگر چه تا حد کمی سیترات‌ها و دی-اکسید کربن نقش ایفا می‌کنند.آزاد شدن اسیدهای چرب ناشی لیپولیز می‌تواند در تخمین اسیدیته تداخل نماید، میزان اسیدیته نمونه B مقدار پایین تری نسبت به دو نمونه دیگر داشت (Auldist, 1998).

pH خامه اساسابه خاطر حلالیت وابسته به دمای فسفات کلسیم است.در خامه چون میزان فسفات کلسیم افزایش یافته و بیشتر به شکل کلوئیدی است میزان pH نسبت به شیر کاهش می‌یابد.همچنین پاستوریزاسیون خامه به شکل غیرمداوم، مقدار بسیار ناچیزی باعث کاهش pH خامه می‌گردد در ارزیابی pH، نمونه pH B بالاتری نسبت به A و C داشت.

در هنگام مقایسه بین ترکیب اسیدهای چرب نمونه‌های مختلف خامه باید بین این نکته توجه نمود که تفاوتی که دیده می‌شود ممکن است تا حدی ناشی از اختلاف در جیره غذایی باشد، به ویژه این که تعریف یک جیره متوسط آسان نمی‌باشد. بالا بودن میزان انرژی روغن‌ها و چربی‌ها در مقایسه با سایر ترکیبات باعث شده است که به عنوان یک افزودنی مناسب در جیره دام،در مواقعی که افزایش دریافت انرژی مورد نظر است، استفاده شوند.البته غنی سازی رژیم با چربی عملا با محدودیت مواجه می‌باشدچرا که چربی‌ها

در غلظت بالاتر ۵ تا ۷ درصد از نسبت پایه، باعث آسیب زدن به هضم و متابولیزم در شکمبه می‌شوند. (AbuGhazaleh, 2002).

نتایج گاز کروماتوگرافی خامه نشان می‌دهد که میزان اسید بوتانوئیک حدود ۱ درصد می‌باشد. چربی خامه می‌بایست حاوی میزان بالای اسید بوتانوئیک C۴:۰ و اسید چرب زنجیره کوتاه می‌باشد. بین سه نمونه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

نتایج تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که میزان این اسید چرب حدود ۴ درصد W/W است و چنانچه به صورت مول بیان گردد۱۰ درصد (تا ۱۵ درصددر برخی از نمونه‌ها) را نشان دهد. یعنی اسید بوتیریک می‌تواند در ۳۰ درصد همه ملکولهای تری گلیسیرید وجود داشته باشد.غلظت پایین اسید بوتانوئیک در چربی خامه ناشی به دلیل کمبود بتا هیدروکسی بوتیرات (که توسط میکرو ارگانیسم‌ها در سیرابی از کربوهیدرات ساخته و توسط خون به غدد پستانی جهت ساخت اسید بوتانوئیک احیاء می‌گردد) می‌باشد.کمبود مواد غذایی فیبری در رژیم غذایی از طریق کاهش غلظت در دسترس استات و بتا هیدروکسی بوتیرات منجر به جلوگیری از سنتز چربی خواهد شد(Barber, 1997) .

بیشترین میزان اسید چرب غیر اشباع مضاعف مربوط به نمونه C بود.خامه حاوی مقادیر کمی از اسیدهای چرب غیر اشباع مضاعفPUFAS است .مقدار کم PUFAS در چربی خامه ناشی از عملیات هیدوژناسیون توسط میکروارگانیسم‌ها در شکمبه می‌باشد که از لحاظ تغذیه‌ای نامطلوب درنظر گرفته شده است (Jensen, 1995).

کمترین مقدار اسید چرب زنجیره متوسط را نمونه A و بیشترین مقدار را نمونه B به خود اختصاص دادند.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که چربی خامه غنی از اسید چرب زنجیره متوسط می‌باشد.این اسیدهای چرب در غده پستانی از طریق مسیر معمول مالونیل کوآنزیم A ساخته می‌شوند واز کمپلکس آنزیمی سازنده توسط تیواسیلاز آزاد می‌گردند. احتمالا مقادیر بیشتر اسیدهای چرب زنجیره متوسط در چربی خامه به علت فعالیت بیشتر تیواسیلاز در بافت پستانی را انعکاس می‌دهد (Alston-Mills, 1995).

این تغییرات اعداد رایشل میسل، پولسنک و ید (اندازه‌گیری برای غیر اشباع بودن)، نقطه ذوب و سفتی (قدرت مالیدنی)کره ساخته شده از این خامه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، که نشان دهنده خامه تابستانی است (Auldist, 1998).

تفاوت میزان اسیدهای چرب C۶:۰ تا C۱۴:۰ در چربی خامه احتمالا به علت کاهش سنتز این ترکیبات در غدد پستانی است.کاهش سنتز در غدد پستانی در بعضی موارد ناشی از کاهش میزان اسید استیک و اسید بوتیریک تولیدی در شکمبه می‌باشد.اما در اکثرموارد کاهش فعالیت سنتزی غدد پستانی به علت اثر بازدارندگی اسیدهای چرب زنجیره بلند بر روی آنزیم استیل کوآنزیم کربوکسیلاز می‌باشد که در ساخت اسیدهای چرب در غدد پستانی دخیل هستند.تحقیقات نشان می‌دهد که ۱۸:۱ ترانس یک بازدارنده قوی برای سنتز اسید چرب است (Ashes, 1992) .

بیشترین مقدار اسید چرب C ۱۶:۰ مربوط به نمونه A بوده و نمونه B وC در اولویت های بعدی قرار داشتند. در خصوص اسید چرب C ۱۶:۰ باید توجه داشت که مقداری از آن در داخل غدد پستانی سنتز شده و مقداری از خون گرفته می‌شود بنابراین میزان آن بستگی به تعادل بین مقدار سنتزی در غدد و مقدار دریافتی از خون دارد (Bauman, 2003).

بیشترین مقدار اسید چرب ترانس در بین نمونه ها را می‌توان به C و سپس نمونه A و B نسبت داد.با توجه به فرایند عملیات هیدوژناسیون چربی شیر توسط میکروارگانیسم‌ها در شکمبه و همچنین دستکاری زیاد خامه، مرحله سپراتور،انتقال به تانک پاستوریزاتور خامه وپمپ کردن مکرر و ورود اکسیژن تا حدودی می‌توان افزایش اسید چرب ترانس را توجیه کرد.که این میزان تا ۵ درصد قابل قبول می‌باشد(Hinrichs, 1995) .

در مجموع بین ترکیب اسیدهای چرب سه نمونه A ، B و C اختلاف معنی داری مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

مقایسه اسیدهای چرب خامه‌های تولید شده مختلف در سطح $p \leq ۰/۰۵$ نشان داد بین خامه‌های تولیدی اختلاف معناداری وجود دارد. در ساختمان چربی خامه طیف گسترده‌ای از اسیدهای چرب وجود دارند.این مطالعه نشان داد که در بین افراد یک گونه درصد و ترکیب چربی و در

نتیجه نسبت اسیدهای چرب، ثابت و یکسان نیست.

عوامل مختلف نظیر نژاد، تغذیه،فواصل شیر دوشی، کواترهای‌پستان، دوره شیردهی، فصل، تغذیه، بیماری، سن، شرایط آب و هوایی و آبستنی تا حدی می‌تواند تاثیر گذار باشند،که البته میزان این اختلاف نسبت به اختلاف بین گونه‌ها بسیار کمتر می‌باشد.

با توجه به یکسان بودن نژاد، فاصله شیر دوشی ،فصل ،شرایط آب و هوایی و دمایی منطقه این عوامل ثابت در نظر گرفته شدند. در این مطالعه تغذیه، دوره شیردهی، نوبت شیر دوشی، کواترهای پستان، سن تاثیر مشخصی بر روی ترکیب چربی دارند که تاثیر آن بر مقدار تاحدی بیشتر از تاثیر بر ترکیب چربی است.

سپاسگزاری

از همکاری‌های صمیمانه شرکت پگاه فـارس و روغـن نباتی نرگس شیراز تقدیر و تشکر می‌گردد.

منـابع

بی نام. (۱۳۸۹). خامه پاستوریزه و خامه فرادما (UHT) و ویژگی ها و روشهای آزمون، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۱.

AbuGhazaleh, A. A., Schingoethe, D. J., Hippen, A. R., Kalscheur, K. F. & Whitlock, L. A. (2002). Fatty acid profles of milk and rumen digesta from cows fed Wish oil, extruded soybeans or their blend. Journal of Dairy Science, 85, 2266–2276.

Alston-Mills, B. P. (1995). Comparative analysis of non-human milks. C. Comparative analysis of milks used for human consumption. In: Handbook of Milk Composition (R.G. Jensen, ed.), pp. 828–855, Academic Press, San Diego, CA.

Anon. (1993). American Public Health Association (APHA). Standard Methods for the Examination of Dairy Products, 16th Ed. APHA, Washington, DC.

Anon. (2008). ISO 2450, IDF16, Cream - Determination of fat content . Gravimetric method (Reference method) .

Anon. (2002). ISO 15885, IDF 184: First edition, 2002-11-15, Milk fat – Determiantion of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography.

Anon. (2002). ISO 15884, IDF 182: First edition, 2002-11-15, Milk fat- Preparation of fatty acid methyl esters.

Anon. (1988). ISO Standard 2450:2008, IDF16, Cream - Determination of fat content. Gravimetric method. International Organization for Standardization, Geneva.

AOAC. (2005a). Associationof fficial Analytical Chemists. http://www.aoac.org/testkits htm (accessed 15 July 2005).

Ashes, J. R., Vincent Welch, P., Gulati, S. K., Scott, T. W., Brown, G. H. & Blakeley, S. (1992). Manipulation of the fatty acid composition of milk by feeding protected canola seeds. Journal of Dairy Science, 75, 1090–1096.

Auldist, M. J., Walsh, B. J. & Thomson, N. A. (1998). Seasonal and lactational infuences on bovine milk composition in New Zealand. Journal of Dairy Research, 65, 401–411.

Auty, M. (2011). Microscopy (Microstructure of Milk Constituents and Products). In J. W. Fuquay, P. F. Fox, and P. L. H. McSweeney (Eds.), Encyclopedia of Dairy Science (2nd ed.), 1 (pp. 226-234). San Diego, CA, USA: Academic Press.

Barbano, D. M. (1990). Seasonal and fariation in milk composition in the U.S. In"Proceedings of the 1990 Cornell Nutrition Conference," pp. 96-105. Cornell University, Ithaca, NY.

Barber, M. C., Clegg, R. A., Travers, M. T. & Vernon, R. G. (1997). Review. Lipid metabolism in the lactating mammary gland. Biochim. Biophys. Acta, 1347, 101–126.

Bauman, D. E. & Griinari, J. M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. Annual Review of Nutrition, 23, 203–227.

Bauman, D. E., Baumgard, L. H., Corl, B. A. & Griinari, J. M. (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. Proc. American Society of Agronomy, Avaliable at http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.pdf

Baumgard, L. H., Corl, B. A., Dwyer, D. A., Saebo, A. & Bauman, D. E. (2000). Identifcation of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. Journal of Physiology. 278, R179–184.

Beaulieu, A. D. & Palmquist, D. L. (1995). Diferential effects of high fat diets on fatty acid composition in milk of Jersey and

Holstein cows. Journal of Dairy Research, 78, 1336–1344.

Belitz, H., Grosch, W. & Schieberle, P. (2009). Food Chemistry (4th ed.), (pp. 765-766). Heidelberg, Germany: Springer.

Biggs, D. A. (1978) Instrumental infrared estimation of fat, protein and lactose in milk:

Bodyfelt, F.W., Tobias, J. & Trout, G. M. (1988) The Sensory Evaluation of Dairy Products. Van Nostrand Reinhold International, New York.

Bradley, R. L., Arnold, E. Jr., Barbano, D. M., Semerad, R. G., Smith, D. E. & Vines, B. K. (1993) Chemical and physical methods. In Standard Methods for the Examination of Dairy Products, 16th edn, Chapter 15, pp. 433–531.

Buss, D. H., Jackson, P. A. & ScuVam, D. (1984). Composition of butters on sale in Britain. Journal of Dairy Research, 51, 637–641.

Chen, S., Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E. G., Luhman, C. M., Boylston, T. D., Freeman, A. E. & Beitz, D. C. (2004). Physical and sensory properties of dairy products from cows with various milk fatty acid compositions. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 3422–3428.

Chilliard, Y., Ferlay, A. & Doreau, M. (2001). Effect of diferent types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. Livestock Production Science, 70, 31–48.

Christie, W. W. (1995). Composition and structure of milk lipids. In, Advanced Dairy Chemistry.2: Lipids. 2nd edn, (P.F. Fox, ed.), pp. 1–36, Chapman and Hall, London.

Christie, W. W. (1997). The analysis of lipids with special reference to milk fat. In "Recent Advances in Chemistry and Technology of Fats and Oils" (R. J. Hamilton and A. Bhati, eds.), pp. 57-78. Applied Sciences, New York.

European Commission. (1999). Reference method for the detection of foreign fats in milk fat by gas chromatographic analysis of triglycerides – revision 1. Commission Regulation (EC) No 2771/1999 Annex II. Offcial Journal of the European Communities L 333/23.

Fearon, A. M. (2001). Optimising milkfat composition and processing properties. Aust. Australian Journal of Dairy Technology, 56, 104–108.

Fox, P. F. (1992-1997) Advanced Dairy Chemistry, Volumes 1, Elsevier Applied Science Publishers and Chapman & Hall, London.

Glass, R. L., Troolin, H. A. & Jenness, R. (1967). Comparative biochemical studies of milk – IV.Constituent fatty acids of milk fats. Comparative Biochemistry and Physiology, 22, 415–425.

Grace, V., Houghtby, G. A., Rudnick, H., Whaley, K. & Lindamood, J. (1993) Sampling dairy and related products. In Standard Methods for the Examination of Dairy Products, 16th edn, pp. 59–83. American Public Health Association, Washington, D.C.

Hannon, J. A., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., Delahunty, C. M. & Beresford, T. P. (2007). Flavour precursor development in Cream due to lactococcal starters and the presence and lysis of Lactobacillus helveticus, International Dairy Journal, 17, 316-327.

Hinrichs, J. & Kessler, H. G. (1996). Processing of UHT cream. Bulletin of the International Dairy Federation; 315,17-22.

Horwitz, W. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th edn.

http://en.wikipedia.org/wiki/Cream.

IDF. (1995a). IDF Standard 50C:1995, Milk and Milk Products – Guidance on Sampling.International Dairy Federation, Brussels.

IDF. (2002). Milk fat – determination of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography.Standard 184 (ISO 15885), International Dairy Federation, Brussels.

Jensen, R.G. (2000). Fatty acids in milk and dairy products. In, Fatty Acids in Foods and their Health Implications. 2nd edn (C.K. Chow, ed.), pp. 109–123, Marcel Dekker Inc., New York, NY.

Jensen, R. G. & Newburg, D. S. (1995). Milk lipids. B. Bovine milk lipids. In: Handbook of Milk Composition (R.G. Jensen, ed.), pp. 543–575, Academic Press Inc., San Diego.

Iverson, J. L. & Sheppard, A. J. (1986). Determination of fatty acids in butterfat using temperature programmed gas chromatography of the butyl esters. Food Chemistry, 21, 223–234.

Morales, M. S., Palmquist, D. L. & Weiss,

W. P. (2000). Effects of fat source and copper on unsaturation of blood and milk triacylglycerol fatty acids in Holstein and Jersey cows. Journal of Dairy Science, 83, 2105–2111.

O'Connor, T. P. & O'Brien, N. M. (1995). Lipid oxidation. In, Advanced Dairy Chemistry. 2: Lipids.2nd edn (P.F. Fox, ed.), pp. 309–347, Chapman and Hall, London.

Precht, D. & Molkentin, J. (2000). Trans unsaturated fatty acids in bovine milk fat and dairyproducts. European Journal of Lipid Science and Technology, 102, 635–639.

Precht, D., Molkentin, J. & WolV, R. L. (2001). Comparative studies on individual isomeric 18:1 acids in cow, goat, and ewe milk fats. Lipids, 36, 827–832.

Varnam A. H. & Sutherland J. P. (1994). Milk and milk products. Gaithersberg, MD: Aspen Publishers.

Trivedi, D., Bennett, R., Hemar, Y., Reid, D., Lee, S. & Illingworth, D. (2008). Effect of different starches on rheological and microstructural properties of (I) model processed cream. International Journal of Food Science and Technology, 43, 2191-2196.

Zegarska, Z. (2003). Milk Lipids, In, Chemical and Functional Properties of Food Lipids; (Z.E.Sikorski and A. Kolakowska, eds.), pp. 265–277, CRC Press, Boca Raton, FL.

Zegarska, Z., Jaworski, J., Paszczyk, B., Charkiewicz, J. & Borejszo, Z. (2001). Fatty acid composition with emphasis on trans C18:1 isomers of milk fat from lowland black-and-white and polish red cows. Polish Journal of Food Nutrition Science., 10(51), 41–44.