دانشکده کشاورزی

گروه علوم و صنایع غذایی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

استفاده از پنیر معطر (EMC) در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای و بررسی خواص حسی و بافتی

محمد امین میری

اردیبهشت ۱۳۸۹

استفاده از پنیر معطر (EMC) در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای و بررسی خواص حسی و بافتی

محمد امین میری

اردیبهشت ۱۳۸۹

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

استفاده از پنیر معطر (EMC) در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای و بررسی خواص حسی و بافتی

محمد امین میری

استاد راهنما

دکتر محمدباقر حبیبی نجفی

استاد مشاور

مهندس حسین تجرد

اردیبهشت ۱۳۸۹

تصویب‌نامه

این پایان‌نامه با عنوان « استفاده از پنیر معطر (EMC) در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای و بررسی خواص حسی و بافتی » توسط «محمد امین میری» در تاریخ ۱۳۸۹/۲/۸ با نمره ۱۹/۲۵ و درجه ارزشیابی عالی در حضور هیات داوران با موفقیت دفاع شد.

هیات داوران:

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	سمت در هیات	امضاء
۱	دکتر محمدباقر حبیبی نجفی	استاد	استاد راهنما	
۲	مهندس حسین تجرد	----	استاد مشاور	
۳	دکتر سیدعلی مرتضوی	استاد	استاد مدعو	
۴	دکتر مسعود یاورمنش	استادیار	استاد مدعو	
۵	دکتر مصطفی مظاهری تهرانی	استادیار	نماینده تحصیلات تکمیلی	

تعهد نامه

عنوان پایان نامه: استفاده از پنیر معطر (EMC) در فرمولاسیون پنیر خامه‌ای و بررسی خواص حسی و بافتی

اینجانب محمد امین میری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی دکتر محمدباقر حبیبی نجفی متعهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد دیگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

۱۳۸۹/۲/۸

محمد امین میری

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، مطالعه اثر پنیر معطر (EMC) و میزان چربی بر خواص حسی و بافتی پنیر خامه‌ای می‌باشد. در این مطالعه سه سطح EMC و سه سطح خامه فرموله شد و خواص حسی و بافتی کلیه تیمارها مورد بررسی قرارگرفت. داده‌ها در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) بررسی و به روش سطح پاسخ (RSM) مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل شدند. با توجه به اینکه ضریب تبیین (R^2) برای مدل‌های به دست آمده برای کلیه صفات حسی و بافتی بالاتر از ۰/۸ بوده و فاکتور عدم برازش نیز برای تمامی صفات مذکور در سطح ۹۵٪ معنی‌دار نبود، صحت مدل‌ها برای برازش اطلاعات مورد تایید قرارگرفت. بر اساس نتایج این پژوهش ویژگی‌های حسی و بافتی پنیر خامه‌ای بطور معنی‌داری($p< ۰/۰۵$) تحت تاثیر متغیرها قرار گرفت. افزایش درصد پنیر معطر در فرمولاسیون نمونه‌های پرچرب، با کاهش امتیاز عطر، طعم و پذیرش‌کلی همراه بود. اما افزایش پنیر معطر در فرمولاسیون نمونه‌های کم‌چرب، باعث افزایش امتیاز طعم، بافت و پذیرش‌کلی شد. افزایش درصد چربی در فرمولاسیون، بطور معنی‌داری ($p< ۰/۰۵$) منجربه افزایش خواص حسی گردید. تاثیر پنیر معطر و چربی بر خواص بافتی بررسی گردید. افزایش پنیر معطر تاثیر معنی‌داری ($p< ۰/۰۵$) هم بر حالت صمغی داشت بطوریکه منجربه افزایش حالت صمغی گردید و همچنین منجربه کاهش چسبندگی ($p< ۰/۰۰۱$) شد ولی تاثیر معنی‌داری بر سختی نداشت. افزایش چربی موجب شد تا سختی، حالت صمغی و چسبندگی کلیه تیمارها افزایش یابد ($p< ۰/۰۱$). در این تحقیق، نقطه بهینه فرایند تعیین گردید. نتایج نشان داد که بهترین شرایط فرایند، استفاده از ۳۵ درصد چربی و ۰/۱ درصد پنیر معطر می‌باشد. محصولی که با استفاده از این شرایط حاصل شد دارای نمره عطر ۴، نمره طعم ۴/۱، نمره بافت ۴/۲، پذیرش کلی ۴/۱ بود.

کلید واژگان: پنیر خامه‌ای، پنیر معطر، چربی، خواص حسی، بافتی، روش سطح پاسخ، بهینه‌یابی.

سپاسگزاری

مفتخرم در شهری زندگی می کنم که مرقد آقا علی بن موسی الرضا (علیه السلام) در آن قرار دارد و در دانشگاهی تحصیل می کنم که به یاد بزرگمرد عرصه فرهنگ ایران حکیم ابوالقاسم فردوسی نامگذاری شده است. در اینجا به رسم ادب، مراتب سپاس خویش را به بزرگوارانی تقدیم می کنم که در مراحل مختلف این پژوهش مرا یاری داده اند، بویژه:

استاد محترم راهنما جناب آقای دکتر محمدباقر حسیبی بنخفی به دلیل حمایت های مختلف مادی و معنوی و رهنمودهای ارزشمند که راهگشای این پژوهش بود.

جناب آقای مهندس تجرد که مشاوره این کار را پذیرفتند.

جناب آقای دکتر سید علی مرتضوی و دکتر مسعود یاورنش که با مطالعه این تحقیق و ارائه نکات ارزشمند بر غنای آن افزوده و زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند و

جناب آقای دکتر مظاهری تهرانی نماینده محترم تحصیلات تکمیلی.

با تشکر از دکتر مهدی نصیری محلاتی و دکتر آرش کوچکی به دلیل راهنمایی های ارزنده در زمینه امور آماری. و با سپاس از جناب آقای مهندس عطاریان کارشناس فراورده های لبنی کاش که امکان تامین مواد اولیه را جهت این پژوهش فراهم نمودند. علاوه بر این از جناب آقای دکتر قدس روحانی، مهندس قزوینی و خانم مهندس نصیری قدردانی می شود. با تشکر از دوستانی که طی اجرای این پژوهش همراه و همدل بودند بالاخص آقایان حاجی محمدی فریمانی و صالحی.

این اثر تقدیم می شود به پدر و مادر مهربانم که همواره پشتیبان و مشوق من در زندگی بوده اند.

فهرست مطالب ..... صفحه

مقدمه ۱

فصل اول: **بررسی منابع**

۱-۱- تعریف پنیر خامه‌ای ۳

۱-۲- مبانی تولید ۳

۱-۳- مراحل تولید ۶

۱-۳-۱- استاندارد کردن ۷

۱-۳-۲- پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون ۸

۱-۳-۳- تخمیر و تشکیل ژل ۹

۱-۳-۴- تشکیل ژل و جداسازی آب پنیر ۱۰

۱-۳-۵- حرارت دادن لخته و مخلوط کردن با سایر اجزاء ۱۲

۱-۳- ۶- هموژنیزاسیون، سرد کردن و نگهداری ۱۳

۱-۴- فناوری بازسازی ۱۳

۱-۵- ساختار و رئولوژی پنیر خامه‌ای ۱۵

۱-۶- عوامل موثر بر ویژگیهای پنیر خامه‌ای ۱۶

۱-۶-۱- هموژنیزاسیون شیر ۱۶

۱-۶-۲- نگه داشتن لخته داغ در درجه حرارت بالا ۱۷

۱-۶-۳- هموژنیزاسیون پنیر خامه‌ای ۱۷

۱-۶-۴- سرعت خنک شدن ۱۷

۱-۶-۵- افزودن پروتئین آب پنیر ۱۸

۱-۶-۶- هیدروکلوئید ها ۱۸
۱-۶-۷- ترکیبات پنیر خامه‌ای ۲۰
۱-۷- انواع پنیرهای وابسته ۲۱
۱-۷-۱- ماسکارپون ۲۱
۱-۷-۲- نوفشاتل و پتیت‌سویز ۲۲
۱-۷-۳- کاجمک ۲۲
۱-۸- بهبود عطر و طعم پنیرهای تازه ۲۵
۱-۸-۱- طعم پنیرهای تازه ۲۵
۱-۸-۲- تکنولوژی پنیر معطر (EMC) ۲۶
۱-۸-۳- تولید طعم های مختلف ۳۲

فصل دوم: **مواد و روش‌ها**

۲-۱- تهیه مواد اولیه ۳۵
۲-۲- تولید لخته ۳۵
۲-۳- تولید پنیر ۳۶
۲-۴- آزمون‌های شیمیایی ۳۹
۲-۵- آزمون‌های بافتی ۳۹
۲-۶- ارزیابی حسی ۴۲
۲-۷- طرح آزمایش و آنالیز آماری ۴۴

فصل سوم: **نتایج و بحث**

۳-۱- مدل سازی ۴۷

۳-۲- ارزیابی حسی ۴۸
۳-۲-۱- طعم ۵۰
۳-۲-۲- عطر ۵۳
۳-۲-۳- بافت ۵۶
۳-۲-۴- پذیرش کلی ۵۹
۳-۳- آزمون‌های شیمیایی ۶۱
۳-۳-۱- مواد جامد کل ۶۳
۳-۳-۲- پروتئین ۶۶
۳-۴- آزمون‌های بافتی ۶۸
۳-۴-۱- سختی ۷۰
۳-۴-۲- حالت صمغی ۷۳
۳-۴-۳- چسبندگی ۷۶
۳-۵- تعیین نقطه بهینه فرآیند ۷۹
نتیجه‌گیری ۸۱
پیشنهاد ۸۳
منابع ۸۵

فهرست اشکال

عنوان ..... صفحه

شکل ۱-۱-دیگ پخت مورد استفاده در تولید پنیر خامه ای ۳۷

شکل ۲-۲- هموژنایزر آزمایشگاهی مورد استفاده در تولید پنیر خامه ای ۳۸

شکل ۲-۳- شماتیک یک منحنی استاندارد TPA ۴۱

شکل ۲-۴- فرم ارزیابی حسی ۴۳

شکل ۳-۱- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغییرها بر طعم پنیر ۵۱

شکل ۳-۲- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغییرها بر عطر پنیر..... ۵۴

شکل ۳-۳- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغییرها بر بافت پنیر ۵۷

شکل ۳-۴- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغییرها بر پذیرش کلی پنیر ۶۰

شکل ۳-۵ - نمودار سطح پاسخ تاثیر متغییرها بر درصد مواد جامد کل ۶۴

شکل ۳-۶- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغییرها بر درصد پروتئین ۶۷

شکل ۳-۷- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغییرها بر سختی در آزمون TPA..... ۷۱

شکل ۳-۸- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغییرها بر حالت صمغی ۷۴

شکل ۳-۹- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغییرها بر چسبندگی پنیر..... ۷۷

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه

جدول ۲-۱- متغیرهای مستقل در فرآیند تولید پنیر خامه ای و سطوح آنها ۴۵

جدول ۲-۲- طرح مرکب مرکزی برای متغیرهای تولید ۴۶

جدول ۳-۱- ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای متغیرهای پاسخ (ارزیابی حسی) ۴۹

جدول ۳-۲- مدل پیشگو برای طعم پنیر خامه ای بر اساس متغیرهای فرمول ۵۲

جدول ۳-۳- مدل پیشگو برای عطر پنیر خامه ای بر اساس متغیرهای فرمول ۵۵

جدول ۳-۴- مدل پیشگو برای بافت پنیر خامه ای بر اساس متغیرهای فرمول ۵۸

جدول ۳-۵- مدل پیشگو برای پذیرش کلی پنیر خامه ای بر اساس متغیرهای فرمول..... ۶۱

جدول ۳-۶- ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای متغیرهای پاسخ (آزمون های شیمیایی) ۶۲

جدول ۳-۷- مدل پیشگو برای مواد جامد کل پنیر خامه ای بر اساس متغیرهای فرمول ۶۵

جدول ۳-۸- مدل پیشگو درصد پروتئین پنیر خامه ای بر اساس متغیرهای فرمول ۶۸

جدول ۳-۹- ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای متغیرهای پاسخ (TPA) ۶۹

جدول ۳-۱۰- مدل پیشگو سختی پنیر خامه ای بر اساس متغیرهای فرمول ۷۲

جدول ۳-۱۱- مدل پیشگو حالت صمغی بر اساس متغیرهای فرمول ۷۵

جدول ۳-۱۲- مدل پیشگو چسبندگی بر اساس متغیرهای فرمول ۷۸

فهرست علائم و اختصارات

علامت	معادل انگلیسی	معادل فارسی
EMC	Enzyme Modified Cheese	پنیر معطر
DCC	Double Cream Cheese	پنیر خامه‌ای پر چرب
GRASS	Generally Recognized As Safe	ایمن
FDM	Fat in Dry Matter	چربی در ماده خشک
FFA	Free Fatty Acids	اسیدهای چرب آزاد
Ns	Non significant	بی‌معنی (از نظر آماری)
R^2	The coefficient of determination	ضریب تبیین
UF	Ultra Filtration	فراپالایش
WPC	Whey Protein Concentrate	کنسانتره پروتئین آب‌پنیر

مقدمه

درمیان فراورده‌های لبنی، پنیر از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. پیچیدگی ذاتی و روش‌های متفاوت فرآوری، این محصول را به یکی از متنوع‌ترین فراورده‌های غذایی تبدیل کرده است. یکی از انواع پنیر که طی سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته و از روند رو به رشدی برخوردار بوده است پنیر خامه‌ای می‌باشد. این پنیر جزء پنیرهای نرم نرسیده تقسیم‌بندی می‌شود، بالطبع فاقد عطر و طعمی مشابه پنیرهای رسیده است و از دیرباز این سوال مطرح بوده که چگونه میتوان پنیرهایی با عطر و طعم پنیرهای رسیده اما با دوره رسیدگی کوتاه تولید کرد که تکنولوژی پنیر معطر (EMC) تا حدودی به حل این مسئله کمک نموده است. پنیر معطر، محصولی است با عطر چندین برابر پنیر معمولی که توسط فرایندهای آنزیمی از پنیرهای با درجه رسیدگی مختلف یا دلمه پنیر نارس به دو شکل پودری و خمیری تولید می‌گردد. کاربرد EMC بسیار متنوع است که از جمله به تسریع رسانیدن پنیر و افزایش شدت طعم پنیری در محصولات مختلف می توان اشاره نمود. این محصول به عنوان افزودنی ایمن (GRAS) شناخته شده است. یکی از اهداف این تحقیق بهبود عطر و طعم پنیر خامه ای که جزء فراورده‌های تازه و نرسیده طبقه‌بندی می‌گردد، است. با توجه به اهمیت فزاینده رژیم غذایی در جلوگیری از بیماری‌های خاص، مصرف کنندگان به دنبال استفاده از محصولاتی با چربی کاهش یافته در رژیم غذایی خود می باشند. صنعت غذا تلاش می‌کند این خواست مصرف کنندگان را با کاهش چربی، کالری، کلسترول، و سدیم در محصولات حل نماید. نتیجه این تلاش طبق گزارش انجمن اطلاعات غذایی بین المللی، تولید سالیانه بیش از هزار تن فراورده‌های جدید کم‌چرب و بدون چربی از سال ۱۹۹۰ بوده است.

مطالعات نشان داده است که چربی نقش مهمی در احساس دهانی و بافت محصولات غذایی دارد، لذا طبیعی است که کاهش چربی اثراتی بر خواص فیزیکی، شیمیایی و حسی به همراه داشته باشد بویژه در رابطه با محصولات پر چرب هم‌چون پنیر خامه ای بیشتر حائز اهمیت است. در این تحقیق این ایده به ذهن خطور کرد که با افزودن EMC شاید بتوان عطر و طعم پنیر خامه ای با چربی کاهش یافته یا کم چرب را بهبود داد و تاثیر آن را بر ویژگی‌های بافتی بررسی نمود.

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱. تعریف پنیر خامه‌ای

پنیر خامه‌ای یک پنیر اسیدی تازه به رنگ خامه با طعم ملایم اسیدی است که با انعقاد اسیدی مخلوط شیر و خامه تهیه می‌شود. بافت آن از ترد و شکننده تا مالش پذیر متغیر است. این محصول که بیش از همه در آمریکای شمالی محبوبیت دارد، دارای مدت ماندگاری سه ماه در دمای کمتر از ۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (فکس، ۲۰۰۴).

۱-۲. مبانی تولید

کازئین که ۸۰ درصد کل پروتئین شیر را تشکیل می دهد و همچنین پروتئین اصلی ساختار ژل‌های اسیدی شیر می‌باشد، به شکل ذراتی است کلوئیدی و دایره‌ای شکل که میسل کازئین نام دارد. میسل‌ها متشکل از ۷ درصد خاکستر (بطور عمده کلسیم و فسفر)، ۹۲ درصد کازئین و ۱ درصد ترکیبات جزیی شامل منیزیم و سایر نمک‌ها می‌باشد. کازئین که ترکیباتی ناهمگن دارد متشکل از چهار نوع اصلی αs_1 ،

αs_2، β و κ است. مطالعات نشان می‌دهد که کازئین‌ها از نظر میزان و توزیع فسفات متفاوت هستند و در نتیجه پیوندهای کلسیم ویژگی‌های متفاوتی خواهند داشت. بطور کلی، کازئین‌های αs_1، αs_2 و β پیوندهای قوی با کلسیم تشکیل می‌دهند و در غلظت‌های نسبتا پایین کلسیم رسوب می‌کنند، در صورتیکه، κ کازئین به این غلظت‌های کلسیم حساسیت ندارد و می‌تواند تا حداکثر ۱۰ برابر آنچه که سایر کازئین‌ها حساس هستند پایدار بماند. با توجه به تفاوت‌های موجود در میزان فسفر، ترتیب کازئین در میسل بدین صورت است که هسته مرکزی آن شامل کازئین‌های حساس به کلسیم بوده، κ کازئین سطح بیرونی میسل را پوشانده است. قسمت هیدروفیل کربن انتهایی κ کازئین که به صورت موهای قابل انعطاف دیده می‌شود و به داخل آب فرو رفته‌اند باعث پایداری میسل می‌گردد (بری گنتی، ۲۰۰۹).

تولید پنیر خامه‌ای و تمام انواع هم‌گروه آن شامل تشکیل ژل اسیدی کازئین، جداسازی آب پنیر از ژل، تشکیل لخته و تغلیظ، پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون لخته و سردکردن می‌باشد. اصول تولید پنیر خامه‌ای و دیگر پنیرهای تازه اسیدی بطور مشروح بررسی شده است (فکس، ۲۰۰۴؛ لوسی، ۱۹۹۷).

برای تولید پنیر خامه‌ای، شیر در اثر فعالیت استارترها یا با افزودن عوامل ایجاد کننده اسید مانند گلوکونو دلتالاکتون[1] در دمای ۳۰–۲۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به pH = ۴/۶–۴/۸ بطور آرام اسیدی می‌گردد. این شرایط منجربه ناپایداری میسل‌های کازئین و تشکیل یک شبکه ژلی یکنواخت که آب و چربی در آن محبوس گردیده است، می‌شود. عامل اصلی در تشکیل ژل خنثی شدن بارهای الکتریکی است که باعث کاهش نیروهای دافعه بین میسل و هیدراسیون میگردد. با این حال، یک بررسی دقیق از فرایند اسیدی

[1] - glucono-delta-lactone

کردن، نشان می‌دهد که اسیدی کردن باعث ایجاد دو مجموعه متضاد در تغییرات فیزیکو شیمیایی میسل‌های کازئین می‌گردد:

- تمایل میسل کازئین به یک سیستم نامنظم در pH>۵/۳ در نتیجه تغییرات فیزیکو شیمیایی ذیل: الف)پراکندگی فسفات کلسیم کلوئیدی که در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در pH =۵/۲-۵/۳ بطور کامل محلول است(سینگ، ۱۹۹۶). ب)افزایش مداوم در جدا شدن کازئین‌ها از میسل(بویژه بتا کازئین)، به‌طوریکه با کاهش دما در طول تشکیل ژل به دامنه ۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد شدت می‌یابد ج)افزایش در هیدراسیون کازئین بین ۵/۳و pH=۶. د)تورم و افزایش حجم میسل‌های کازئین در pH =۵/۳ (گاستالدی و همکاران، ۱۹۹۴؛ سینگ، ۱۹۹۶).
- تمایل کازئین به تجمع و رسوب بدلیل :الف) کاهش کلی در بار منفی میسل کازئین، به طوریکه از ۸ تا ۲۰ میلی ولت در pH معمولی شیر به صفر در pH =۴/۶ کاهش می‌یابد و دلیل آن افزایش بارهای مثبت در باقیمانده‌های اسیدهای آمینه یونیزه شده هم چون گلوتامات و آسپارتات می‌باشد. ب)جذب مجدد کازئین‌های جدا شده به میسل بدلیل نزدیک شدن pH آنها به pH ایزوالکتریک. ج)کاهش سریع هیدراسیون کازئین در pH ایزوالکتریک (pH= ۴/۶)، بویژه هنگامی که رنت افزوده می‌شود. د) کاهش در دافعه الکتروستاتیکی و پایداری فضایی میسل‌های کازئین و افزایش ناگهانی پیوندهای هیدروفوبیک (بانون و هاردی، ۱۹۹۲).

در pH های بالاتر از شروع تشکیل ژل (در دمای ۳۰-۲۰ و pH= ۵/۱-۵/۴) نیروهای لازم برای عدم تجمع میسل‌های کازئین غالب هستند و مانع از تشکیل ژل می‌گردند. در حالی که در pH های پایین‌تر از شروع تشکیل ژل، نیروهای لازم برای تجمع میسل‌ها غالب هستند و تشکیل ژل ادامه می‌یابد که به افزایش

تراکم کازئین و شکل‌گیری رشته‌هایی منجر می‌گردد. به هنگامی که pH شیر به نقطه ایزوالکتریک می‌رسد، رشته‌ها به یکدیگر متصل می‌شوند تا یک شبکه سه بعدی که آب و چربی در آن محبوس شده، تشکیل دهند. تشکیل ژل همراه با یک افزایش قابل توجه در مدول الاستیک G َ (نمادی از سختی است) می‌گردد و با کاهش بیشتر pH، افزایش می‌یابد. ژل اسیدی بوسیله عمل برش، فشار، سانتریفیوژ یا UF آب اندازی می‌کند و لخته حاصل بیشتر عمل آوری می‌شود که در ادامه بحث خواهد شد (لایک موند و ون ولیت، ۲۰۰۸).

۱-۳. مراحل تولید

فرایند متداول تولید پنیر خامه‌ای توسط کوزیکوسکی توضیح داده شده است که شامل مراحل ذیل می‌باشد:

- استاندارد کردن شیر، معمولا با مخلوط کردن شیر کامل و خامه انجام می‌گیرد؛
- پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون شیر؛
- تلقیح استارتر مزوفیل و انکوباسیون در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد؛
- تشکیل ژل از طریق تبدیل لاکتوز به اسید لاکتیک بوسیله استارتر؛
- تشکیل لخته و جداسازی آب پنیر بوسیله سانتریفیوژ یا فیلتراسیون؛
- فراوری لخته شامل افزودن نمک و سایر مواد، پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون می‌باشد؛
- خنک کردن و نگهداری نمودن که در طول این مدت محصول سفت می‌شود و به شکل پنیرخامه‌ای که دارای مشخصات لازم است در می‌آید(فکس، ۱۹۹۳).

۱-۳-۱- استاندارد کردن

استاندارد کردن شامل مخلوط نمودن شیر و خامه به نسبتی که ترکیب محصول نهایی مطابق با استاندارد باشد و ویژگی‌های مطلوبی در محصول نهایی ایجاد کند. مشخصات تعریف شده برای پنیر خامه‌ای در استاندارد آمریکا به شرح ذیل است:

میزان چربی آن حداقل ۳۳ درصد و میزان رطوبت حداکثر ۵۵ درصد باشد. با توجه به این تعریف و آنالیز پنیر خامه‌ای تجاری، سایر ترکیبات بدین شرح حدس زده می‌شود که ۴۵ درصد مواد جامد، نمک ۰/۸ درصد، خاکستر ۰/۴ درصد، پروتئین ۸/۳ درصد می باشد. استانداردسازی نیازمند دانستن درصد چربی شیر و پروتئین لخته می باشد و این موارد به فاکتورهای ذیل بستگی دارد:

- میزان دناتوراسیون پروتئین آب پنیر و ایجاد کمپلکس با کازئین که به درجه حرارت پاستوریزاسیون شیر استاندارد شده بستگی دارند.
- میزان چربی محبوس شده که تحت تاثیر هموژنیزاسیون شیر و روش تغلیظ می‌باشد.
- میزان هیدرولیز کازئین در طول تخمیر شیر.

تصور می‌شود که برای پنیر خامه‌ای، ۶۰ درصد از پروتئین آب پنیر طی تولید بازیابی شود. همچنین این نظر وجود دارد که بازیابی چربی به ۹۵ درصد افزایش یابد زیرا شیر قبل از تخمیر در دامنه فشار ۲۵-۱۵ مگاپاسکال هموژن می‌گردد. همچنین تخمین زده می‌شود که ۸ درصد از کازئین طی تولید لخته اسیدی هیدرولیز و هنگام آب‌گیری وارد آب پنیر گردد. در نتیجه، کل هدر رفتگی پروتئین (مانند پروتئین آب پنیر دناتوره نشده، کازئین هیدرولیز شده و ازت غیر پروتئینی) طی فرایند تولید حدود ۱۷/۵ درصد تخمین