دانشکده پردیس بین‌المللی ارس
گروه علوم و صنایع غذایی

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته علوم و صنایع غذایی گرایش تکنولوژی

عنوان

بررسی تاثیر استفاده از سویه‌های تولید کننده اگزوپلی‌ساکارید در پنیر سفید فراپالایش

استاد راهنما
دکتر جواد حصاری

استادان مشاور
دکتر سید هادی پیغمبردوست – دکتر بابک قنبرزاده

پژوهشگر
نگین زارع جمشیدی

بهمن ۱۳۹۰

نام خانوادگی:زارع جمشیدی **نام:** نگین

عنوان پایان‌نامه: بررسی تاثیر سویه‌های تولید کننده اگزوپلی‌ساکارید در پنیر سفید فراپالایش

استادان راهنما: دکتر جواد حصاری

استادان مشاور: دکتر سید هادی پیغمبردوست- دکتر بابک قنبر زاده

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی علوم و صنایع غذایی **گرایش:** تکنولوژی مواد غذایی

دانشگاه: تبریز **دانشکده:** کشاورزی **تاریخ فارغ التحصیلی:** بهمن ۱۳۹۰ **تعداد صفحه:** ۹۵

کلید واژه ها: اگزوپلی ساکارید، آغازگر، آب اندازی، بافت، پنیر UF

چکیده:

باکتری‌های اسید لاکتیک تولید کننده اگزوپلی‌ساکارید (EPS^+) در تولید برخی محصولات لبنی (عمدتا ماست) به کار می رود. پاره‌ای از ویژگی‌های این باکتری‌ها مثل افزایش ویسکوزیته و کاهش آب‌اندازی می‌تواند در تولید سایر محصولات لبنی مثل پنیر نیز به کار رود. استفاده از آغازگرهای تولیدکننده اگزوپلی‌ساکارید در تولید پنیر فراپالایش (UF) می تواند اثرات مختلفی روی ویژگی‌های بافتی و خواص ارگانولپتیکی آن داشته باشد. در این مطالعه سویه‌های تولید کننده اگزوپلی ساکارید YF-L904 (کریستین هانسن، دانمارک) و Lyoto Y8.86F (ساکو، ایتالیا) به عنوان استارتر الحاقی به منظور کاهش آب‌اندازی و بهبود کیفیت و ویژگی‌های بافتی در پنیر سفید UF استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح اسپلیت پلات در زمان بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی، تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵٪ بین تیمارها از نظر چربی و سرعت لیپولیز نشان نداد. همچنین در نمونه‌های پنیر تهیه شده با سویه‌های EPS^+ مقادیر pH، SN/TN٪ و NPN/TN٪ و نمک بالاتر و آب اندازی و ماده خشک پایین‌تر از نمونه کنترل بود. زمان رسیدن تاثیر معنی‌داری ($P<0/05$) بر روی تمامی صفات اندازه‌گیری شده داشت. مطالعه بافت پنیرها با استفاده از آنالیزگر پروفایل بافت و رئومتری نشان دهنده بافت نرم‌تر پنیرهای تهیه شده با کشت‌های EPS^+ بود همچنین این نمونه‌ها حالت خامه‌ای بیشتری داشتند. ارزیابی فرآیند پروتئولیز با اندازه‌گیری درصد ازت محلول در pH ۴/۶ و الکتروفورز روی ژل پلی آکریل آمید نیز نمایان‌گر افزایش شدت پروتئولیز در نمونه‌های پنیر حاوی سویه‌های تولید کننده EPS در مقایسه با نمونه پنیر کنترل (فاقد سویه‌های EPS^+) بود. همچنین بیشترین درصد ازت غیرپروتئینی در نمونه پنیر تلقیح شده با سویه Y8.86 C (تیمار ۱) مشاهده شد که نشان‌دهنده تاثیر سویه بکار رفته در پروتئولیز ثانویه پنیر طی دوره رسیدن است.

فهرست مطالب

مقدمه ۱

فصل اول : کلیات

۱-۱- پنیر و ارزش غذایی آن ۳
۱-۱-۱- چربی پنیر ۳
۱-۱-۲- پروتئین ۴
۱-۱-۳- لاکتوز و اسید لاکتیک ۴
۱-۱-۴ مواد معدنی ۵
۱-۱-۵- ویتامین‌ها ۵
۱-۲- تولید پنیر به روش اولترا فیلتراسیون ۶
۱-۲-۱-مزایای استفاده از اولترافیلتراسیون ۸
۱-۲-۲- معایب استفاده از اولترافیلتراسیون ۸
۱-۳- شیر و ویژگی‌های آن برای تولید پنیر ۱۰
۱-۴- رسیدن پنیر ۱۰
۱-۴-۱- پروتئولیز ۱۱
۱-۴-۱-۱- فاکتورهای موثر در پروتئولیز در طی رسیدن ۱۲
۱-۴-۱-۲- نقش باکتری‌های آغازگر در پروتئولیز ۱۳
۱-۴-۲- لیپولیز ۱۳
۱-۴-۲-۱- عوامل موثر در لیپولیز ۱۴
۱-۴-۳- گلیکولیز ۱۵
۱-۵- سینرسیس ۱۵
۱-۵-۱- توانایی پنیر در برقراری پیوند با آب و عوامل موثر بر خروج آب از لخته ۱۶
۱-۵-۱-۱- آب با پیوندهای پایدار ۱۶
۱-۵-۱-۲- آب آزاد ۱۷
۱-۵-۱-۲-۱- آب موجود در مجاری مویینه ۱۷
۱-۵-۱-۲-۲- آب آزاد یا آب همراه ۱۷
۱-۵-۲- عوامل موثر بر خروج آب ۱۸
۱-۶- بافت پنیر ۱۸

۱- ۷-رئولوژی پنیر ۱۹
۱- ۸- باکتری های آغازگر پنیر ۲۱

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- اگزوپلی ساکاری های تولیدی توسط باکتریهای لاکتیک اسید و دلایل استفاده از آنها ۲۳
۲-۱-۱- تقسیم بندی EPS های حاصل از باکتری های لاکتیکی ۲۴
۲-۲- عوامل موثر در تولید EPS ۲۶
۲- ۳- روابط ساختاری و عملکردی EPS ها ۲۸
۲- ۴ - تاثیر EPS ها در سلامت ۲۹
۲- ۵- تاثیر EPS ها روی بافت ۲۹
۲- ۶- نقش EPS ها در تولید انواع پنیر ۳۲
۲- ۷- نقش EPS ها در ریز ساختار پنیر ۳۶
۲- ۸- انبوهش ناشی از تهی شدن ۳۸
۲- ۹-جمع بندی ۳۹

فصل سوم : مواد و روش ها

۳-۱- مواد مورد استفاده ۴۰
۳-۱-۱- مواد خام مورد استفاده ۴۰
۳-۱-۱-۱- شیر برای تولید پنیر UF ۴۰
۳-۱-۱-۲- مایه پنیر ۴۰
۳-۱-۱-۳- آغازگر ۴۰
۳-۱-۱- ۴- تولید پنیر به روش اولترافیلتراسیون ۴۱
۳-۱-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده ۴۲
۳-۱-۳- لوازم آزمایشگاهی ۴۲
۳-۲- محل انجام پژوهش ۴۳
۳-۳- مراحل انجام پژوهش ۴۳
۳-۴- نمونه برداری ۴۴
۳-۵- آزمایش های مربوط به نمونه های پنیر ۴۴
۳-۵-۱- اندازه گیری pH ۴۴
۳-۵-۲- ماده خشک پنیر ۴۴

۳-۵-۳- اندازه گیری مقدار نمک در نمونه های پنیر ۴۵
۳-۵-۴- چربی پنیر ۴۵
۳-۵-۵- آندازه گیری میزان آب اندازی ۴۶
۳-۵-۶- اندازه گیری سفتی بافت ۴۶
۳-۵-۷- آزمون رئولوژیکی ۴۶
۳-۵-۸- ازت کل ۴۷
۳-۵-۹- ازت محلول در pH= ۴/۶ ۴۷
۳-۵-۱۰- اندازه‌گیری ازت محلول در تری‌کلرواستیک اسید (NPN) ۴۸
۳-۵-۱۱- اندازه‌گیری شدت لیپولیز در نمونه های پنیر ۴۸
۳-۵-۱۲- بررسی درجهٔ هیدرولیز سیستم کازئینی پنیر در طی رسیدن ۴۸
۳-۵-۱۲-۱- آماده سازی نمونه ها، محلولها و بافرها ۴۹
۳-۵-۱۲-۱-۱- آماده سازی محلولها و بافرها ۴۹
۳-۵-۱۲-۱-۲- آماده سازی نمونه ها ۵۱
۳-۵-۱۲-۲- آماده سازی ژل و دستگاه ۵۲
۳-۵-۱۲-۳- بارگذاری نمونه‌ها و نحوه توزیع آنها در الکتروفورگرام ۵۲
۳-۵-۱۲-۴- مراحل رنگ آمیزی و رنگبری ژل ۵۳
۳-۶- ارزیابی حسی ۵۳
۳-۷- تجزیه و تحلیل آماری ۵۳

فصل چهارم : نتایج و بحث ها

۴-۱- تغییرات چربی ۵۶
۴-۲- تغییرات pH ۵۶
۴-۳- تغییرات ماده خشک ۶۰
۴-۴- آب اندازی ۶۲
۴-۵- اندیس لیپولیز ۶۶
۴-۶- تغییرات ازت محلول به ازت کل (فاکتور رسیدن پنیر) ۶۸
۴-۷- در صد ازت غیر پروتئینی به ازت کل ۷۱
۴-۸- بررسی درجه هیدرولیز سیستم کازئینی ۷۳
۴-۹- جذب نمک ۷۶

۴-۱۰- آزمایش فشردگی تک محوره ۷۸
۴-۱۱- اندازه گیری نویسانی پویا ۸۰
۴-۱۲- ارزیابی حسی ۸۴
۴-۱۳- نتیجه گیری: ۸۵
۴-۱۴- پیشنهادات: ۸۶

فصل پنجم : فهرست منابع

فهرست منابع ۸۷

شکل ها

شماره و عنوان

شکل ۱-۱ تشکیل ترکیبات طعم دار ناشی از تجزیه کازئین ۱۲
شکل ۴-۱ تغییرات pH در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی مدت رسیدن ۵۷
شکل ۴-۲ تفاوت میانگین pH نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت ۵۸
شکل ۴-۳ تغییرات درصد ماده خشک در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۶۱
شکل ۴-۴ تغییرات میانگین درصد ماده خشک در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۶۱
شکل ۴-۵ تغییرات درصد آب اندازی در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۶۳
شکل ۴-۶ تغییرات میانگین درصد آب اندازی در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۶۴
شکل ۴-۷ تغییرات اندیس لیپولیز در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۶۷
شکل ۴-۸ تغییرات میانگین اندیس لیپولیز در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۶۷
شکل ۴-۹ تغییرات درصد ازت محلول به ازت کل در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۶۹
شکل ۴-۱۰ تغییرات میانگین درصد ازت محلول به ازت کل در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۶۹
شکل ۴-۱۱ تغییرات درصد ازت غیر پروتئینی به ازت کل در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۷۲
شکل ۴-۱۲ تغییرات میانگین درصد ازت غیر پروتئینی به ازت کل در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۷۲
شکل ۴-۱۳ الکتروفورتوگرام پنیر نمونه های شاهد و تیمار ۱ ۷۵
شکل ۴-۱۴ الکتروفورتوگرام پنیر نمونه های تیمار ۲ و ۳ ۷۵
شکل ۴-۱۵ تغییرات درصد نمک در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۷۷
شکل ۴-۱۶ تغییرات میانگین درصد نمک در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در طی رسیدن ۷۷
شکل ۴-۱۷ تغییرات میانگین سفتی بافت در نمونه های مختلف پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در روز ۶۰ رسیدن ۷۹
شکل ۴-۱۸ تفاوت سفتی نمونه های مختلف پنیر در طی فشردگی تک محوره ۷۹
شکل ۴-۱۹ تغییرات مدول ذخیره برای پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در روز ۶۰ رسیدن ۸۲
شکل ۴-۲۰ تغییرات مدول افت برای پنیر با سویه های میکروبی متفاوت در روز ۶۰ رسیدن ۸۲
شکل ۴-۲۱ تغییرات میانگین ارزیابی حسی نمونه های مختلف پنیر تهیه شده با آغازگر های مختلف ۸۴

جداول

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس داده ها ۵۵
جدول ۴-۲ اثر متقابل pH با زمان ۵۶
جدول۴-۳ اثر متقابل ماده خشک با زمان ۶۰
جدول۴-۴ اثر متقابل درصد آب اندازی با زمان ۶۲
جدول ۴-۵ اثر متقابل درصد اندیس اسیدی با زمان ۶۶
جدول ۴-۶ اثر متقابل SN/TN با زمان ۶۸
جدول۴-۷ اثر متقابل درصد NPN/TN با زمان ۷۱
جدول۴-۸- اثر متقابل نمک با زمان ۷۶

مقدمه :

از سال ۱۳۷۵ سیستم تولید پنیر با استفاده از اولترافیلتراسیون (UF[1]) در ایران آغاز شد و در حال حاضر پنیر سفید تولید شده به روش اولترافیلتراسیون عمده‌ترین پنیر صنعتی کشور از نظر میزان تولید است. مزایای قابل ملاحظه این پنیر به ویژه راندمان تولید بالا (۲۰٪ افزایش راندمان) توجیه‌گر موفقیت سیستم UF در زمینه تولید پنیر است.

در روش UF پروتئین آب پنیر از آن جدا نمی‌شود و علاوه بر اینکه راندمان را بالا می‌برد، خود پروتئین‌های آب پنیر هم از نظر بیولوژیکی و هم از نظر ارزش تغذیه‌ای و سلامتی برای انسان مفید است. در این روش از شیر کمتر می‌توان پنیر بیشتری تولید کرد و ارزش تغذیه‌ای آن را هم ارتقاء داد. از مزایای دیگر این سیستم می‌توان به باقی‌ماندن چربی و رطوبت بیشتر در پنیر، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاهش زمان تولید، استفاده از رنت و استارتر کمتر اشاره کرد. ولی پنیرهای اولترافیلتر شده معمولا از ویژگی‌های ارگانولپتیکی مطلوبی در مقایسه با پنیرهای سنتی برخوردار نیستند و بافت نرم‌تری دارند. پنیرهای UF تولیدی در ایران نیز در مقایسه با پنیرهای سنتی با معایب زیادی از جمله رسیدن خفیف و لذا عدم برخورداری از طعم محسوس پنیرهای رسیده، نرم شدن بافت و سینرسیس مواجه هستند که باعث کاهش بازار پسندی آن شده و خسارات زیادی را به تولید کنندگان وارد می‌کند.

بافت محصولات غذایی همه ویژگی‌های رئولوژیکی و ساختاری (هندسی و سطح) محصول است که به وسیله گیرنده‌های مکانیکی، لامسه، شنوایی و بینایی احساس می‌شوند (موسسه بین المللی استاندارد). در طی تولید پنیر چند عامل می‌تواند در بافت نهایی پنیر مشارکت داشته باشد. این عوامل آنهایی هستند که روی محتوای رطوبت دلمه، اسیدیته و pH تاثیر می‌گذارند. صمغ‌ها (هیدروکلوئیدها) می‌توانند برای بهبود بافت محصولات لبنی مورد استفاده قرار گیرند چون می‌توانند با

[1] Ultra filteration

جذب آب، در افزایش قوام و کاهش سینرسیس موثر باشند. هیدروکلوئیدهای جاذب یا آنیونی (مانند گزانتان، پکتین، ژلان) قادر به بر هم کنش با بارهای مثبت موجود روی سطوح میسل‌های کازئینی در pH کمتر از ۵/۲ هستند و به این ترتیب سبب استحکام شبکه کازئینی، تغییر نقطه ایزوالکتریک کمپلکس حاصل و کاهش سینرسیس می‌گردند. هیدروکلوئیدهای غیر جاذب یا خنثی (مانند گوار، صمغ دانه خرنوب و نشاسته) از طریق افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته سبب کاهش سینرسیس می شوند (سیرب و همکاران، ۱۹۹۸؛ هانسن، ۱۹۹۳). اما استفاده از صمغ‌ها ممکن است تاثیر نامطلوبی روی عطر و طعم داشته باشد. از سوی دیگر استفاده از این ترکیبات به عنوان ماده افزودنی محسوب می‌شود و در اکثر موارد با ضوابط و دستورالعمل‌های استاندارد و مراکز نظارتی مغایرت دارند به همین دلیل کاربرد آنها محدود می‌باشد.

اگزو پلی‌ساکاریدها (EPS) یکی دیگر از عوامل تاثیرگذار در رطوبت دلمه و در نتیجه روی ویژگی های بافتی هستند. این ترکیبات، پلی‌ساکاریدهایی با زنجیر بلند هستند که توسط باکتری‌های لاکتیک اسید طی تخمیر تولید می‌شوند (لاوز و همکاران، ۲۰۰۱) و در ویژگی‌های بافتی، احساس دهانی، احساس چشایی و پایداری محصول نهایی موثر هستند (دوبوک و مولت، ۲۰۰۱)، همچنین دارای اثرات فیزیولوژیکی مفیدی روی سلامت مصرف کننده می‌باشند (جرمن و همکاران، ۱۹۹۹).

EPS ها کاربرد مهمی به عنوان ماده قوام دهنده برای بهبود رئولوژی فرآورده‌های تخمیری و به عنوان پایدار کننده فیزیکی به منظور باند کردن آب و محدود کردن سینرسیس دارند (دوبوک و مولت، ۲۰۰۱).

با توجه به مطالب بیان شده، تحقیق در مورد بهبود کیفیت پنیر UF که حدود ۸۰٪ پنیر تولیدی صنعتی کشور را تشکیل می‌دهد، می‌تواند موضوع با اهمیتی باشد. از این رو هدف اصلی این مطالعه، بررسی تاثیر استفاده از سویه‌های تولیدکننده EPS در پنیر سفید UF می‌باشد.

۱-۱- پنیر و ارزش غذایی آن

پنیر نام عمومی بخشی از فرآورده‌های شیری است که با تغییر در اجزای کازئین شیر تولید و ساخته می‌شود. همراه کازئین بخشی از پروتئین‌های آب پنیر، چربی‌ها و دیگر مواد مغذی شیر در لخته پنیر باقی می‌مانند. البته با توسعه روش فراپالایش می‌توان پروتئین‌های آب پنیر را که دارای ارزش غذایی بالایی هستند در پنیر حفظ کرد (فرهنودی،۱۳۸۲).

پنیر منبع غنی از پروتئین، چربی، کلسیم، فسفر، ریبوفلاوین و دیگر ویتامین‌ها می‌باشد. در رژیم های غذایی با پروتئین بالا، پنیر بیش از شیر می‌تواند مفید واقع شود ضمن آنکه پروتئین‌های آن از قابلیت هضم بالایی نیز برخوردار هستند زیرا برخی از پروتئین‌ها در حین فرآیند رساندن پنیر، به پپتیدها و آمینو اسیدها شکسته می‌شوند (رنر، ۱۹۹۳).

۱-۱-۱- چربی پنیر

چربی موجود در پنیر، عامل اصلی ایجاد طعم و بافت آن است و به همین دلیل مشتریان به مصرف پنیرهای پرچرب تمایل بیشتری دارند. پنیرها به علت نوع شیر (شیر کامل، شیر کم چرب و شیر بدون چربی) و محصول لبنی مورد استفاده در تهیه پنیر (مانند خامه)، از نظر میزان چربی تنوع بسیار زیادی دارند. ۳۰ گرم پنیر چدار حاوی ۹ گرم چربی، ۶ گرم چربی اشباع و۳۰ گرم کلسترول است. در حالی که ۱۲۰ گرم پنیر چدار بدون چربی، ۰/۵ گرم چربی، ۰/۳ گرم چربی اشباع، و ۸ گرم کلسترول دارد. پنیر کم چرب باید حداکثر ۳ گرم چربی در ۳۰ گرم داشته باشد. استفاده از پنیرهای کم چرب و به طور کلی لبنیات کم چرب از جمله توصیه‌های متخصصان تغذیه برای کاهش ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی هستند زیرا به دلیل حیوانی بودن منبع تهیه پنیر میزان چربی‌های اشباع آن بالاست.

لیپولیز در طول رسیدن پنیر در درجه اول توسط لیپاز های میکروبی انجام می‌گیرد چون لیپازهای طبیعی شیر اکثرا در اثر پاستوریزاسیون غیر فعال می‌شوند. در اثر لیپولیز غلظت اسیدهای چرب آزاد در پنیر معمولا به ۱ تا ۵ گرم در کیلوگرم می رسد. در تعدادی از پنیرها ارتباط نزدیکی بین میزان اسیدهای چرب و طعم پنیر وجود دارد (مک گوگان و همکاران، ۱۹۹۷).

۱-۱-۲- پروتئین

در بین اعضای خانواده لبنیات، پنیر دارای بیشترین میزان پروتئین است. پروتئین موجود در پنیر کیفیت خوبی دارد و تقریبا دارای تمامی اسید آمینه‌های ضروری مورد نیاز بدن است. پروتئین اصلی پنیر کازئین است. با این حال پروتئین‌های محلول در آب شیر (مانند لاکتالبومین و لاکتاگلوبولین) نیز بسته به میزان آب پنیری که در داخل آن باقی می‌ماند، در پنیر وجود دارند. به دلیل اینکه پروتئین های آب پنیر از ارزش زیستی بالاتری نسبت به کازئین‌ها برخوردار می‌باشند (زیرا پروتئین‌های کازئینی از نظر اسیدآمینه گوگردی فقیر هستند)، ارزش بیولوژیکی ترکیب پروتئین‌های پنیر تا حدی پایین‌تر از ترکیب پروتئین‌هایی شیر می‌باشد، ولی وقتی از روش اولترافیتراسیون در تهیه پنیر استفاده شود، پروتئین های آب پنیر نیز در دلمه باقی می‌مانند، در نتیجه ارزش غذایی پروتئین پنیر بالا می-رود. در چنین پنیرهایی، پروتئین‌های آب پنیر حدود ۲۰٪ کل پروتئین‌ها را تشکیل می‌دهند (بری، ۲۰۰۱).

۱-۱-۳- لاکتوز و اسید لاکتیک

پنیر، به خصوص پنیر تازه، حاوی مقدار قابل توجهی لاکتوز است که کربوهیدرات اصلی شیر است. اغلب پنیرهای رسیده حاوی حداقل یک تا سه درصد لاکتوز بوده و یا به علت خارج شدن آب پنیر و تبدیل لاکتوز باقی‌مانده به اسید لاکتیک و دیگر اسیدها در طول فرآیند رسیدن پنیر، فاقد لاکتوز هستند. در فرآیند رسیدن پنیر، با گذشت ۲۱ تا ۲۸ روز، لاکتوزی در پنیر رسیده باقی نخواهد ماند.

در پنیرهای تازه (مانند پنیر روستایی) ۱۵ تا ۲۰ درصد لاکتوز در مدت زمان چند ساعت به اسید لاکتیک و دیگر اسیدها تبدیل می‌شود. افراد مبتلا به بیماری «عدم تحمل لاکتوز» که قابلیت هضم لاکتوز را ندارند، نباید پنیر تازه مصرف کنند، اما پنیرهایی مانند چدار و پنیرهای رسیده را می‌توانند مصرف کنند (لاو و تمیم، ۲۰۱۰).

۱-۱-۴- مواد معدنی

۱۰۰ گرم پنیر سخت نیاز روزانه به کلسیم و ۲۰-۱۲ درصد نیاز روزانه به فسفر را تامین می‌کند (اوکیف و همکاران، ۱۹۷۸). اگر چه میزان مواد معدنی پنیرهای گوناگون به روش‌های تولید پنیر بستگی دارد، پنیرها، منبع خوبی از مواد معدنی هستند. پنیر یکی از منابع اصلی کلسیم است. میزان کلسیم موجود در پنیر به اسیدیته مرحله انعقاد و میزان خارج شدن آب پنیر از لخته بستگی دارد. در پنیر رسیده تهیه شده از شیر کامل که با آنزیم لخته شده است (مانند پنیر چدار، سوییس و برایک)، کلسیم و فسفر به مقدار زیادی در لخته باقی می‌ماند. در حالی که در پنیرهایی که تنها با اسید، دلمه می‌شوند، تنها مقدار کمی از کلسیم در لخته باقی می‌ماند زیرا نمک‌های کلسیم از کازئین جدا می‌شود. در کل، پنیرهایی که دارای میزان کلسیم بالایی هستند، دارای مقادیر قابل توجهی از املاح دیگر مانند فسفر و منیزیم نیز خواهند بود (لاو و تمیم، ۲۰۱۰).

۱-۱-۵- ویتامین‌ها

میزان ویتامین پنیرها بر حسب شیر مورد استفاده و فرآیند تولید متفاوت است. از آن جایی که اغلب میزان چربی موجود در شیر، در دلمه باقی می‌ماند، پنیر حاوی ویتامین‌های محلول در چربی شیری است که پنیر از آن گرفته می‌شود. غلظت ویتامین‌های محلول در چربی پنیر بسته به میزان چربی آن متغیر است. قسمت عمده (۸۰ تا ۸۵ درصد) ویتامین در شیر وارد پنیر می‌شود در حالیکه در مورد

ویتامین‌های محلول در آب این اعداد بسیار پایین می‌باشند. با این وجود به علت بالا بودن ویتامین-های گروه B در شیر، پنیر هنوز منبع عالی این ویتامین‌ها محسوب می‌شود (بری و دونلی، ۱۹۸۰).

۱-۲- تولید پنیر به روش اولترافیلتراسیون[1]

در ابتدا فرآوری غشایی در کارخانجات لبنی به منظور استاندارد کردن و یا افزایش محتوای پروتئینی در شیر و جداسازی اسپورها و باکتری‌ها از شیر استفاده می‌شد (کارلسون و همکاران، ۲۰۰۷). کاربرد اولترافیلتراسیون برای تولید پنیر در سال ۱۹۶۹ توسط موبرا و همکاران تحقق پیدا کرد (دیدری و فرهنودی، ۱۳۷۹). فراپالایش جداسازی غشایی و فرآیند تغلیظ است که ماکرومولکول‌ها و مواد محلول با شکل و وزن مولکولی خاص نگه داشته می‌شوند در حالی که اجزایی با وزن مولکولی پایین از غشاء عبور می‌کنند و از رتنتیت شیر UF جدا می‌شوند (هانون و همکاران، ۲۰۰۶). مولکول‌های کوچکتری نظیر نمک‌ها از خلال غشاها عبور می‌کنند (ماده تراویده[2]) ولی مولکول های بزرگتر مثل پروتئین‌ها از غشا عبور نکرده و بر جای می‌مانند (ماده تغلیظ شده یا ناتراویده[3]).

برخی از خصوصیات فرایند اولترافیلتراسیون عبارت است از :

- وزن مولوکولی در محدوده $۱۰^{۶}$ -$۱۰^{۳}$ دالتون
- اندازه منافذ غشا در محدوده ۰/۰۱-۰/۱ میکرومتر
- دمای فرایند در محدوده ۲- ۵۵ درجه سانتیگراد
- فشار به کار رفته در محدوده ۱-۱۰ بار (هاسن، ۱۹۹۸)

اساس پنیر سازی با استفاده از شیر اولترافیلتر شده عبارت از این است که پروتئین‌های موجود در آب پنیر در داخل پنیر باقی مانده و راندمان پنیرسازی افزایش می‌یابد. بنابر این از پروتئین‌های آب پنیر

[1] Ultrafiltration
[2] Permiate
[3] Retentate

استفاده بهتری به عمل می‌آید، زیرا در روش سنتی حدود ۲۰٪ از پروتئین‌های شیر به صورت ضایعات از طریق آب پنیر خارج می‌شوند. چنانچه شیر تا حدی تغلیظ شود که در طی پنیرسازی احتیاجی به خارج کردن آب پنیر از دلمه نباشد، پروتئین‌های آب پنیر در داخل آن باقی می‌مانند (دیدری و فرهنودی، ۱۳۷۹). مقدار وی پروتئین‌های باقی مانده به تکنولوژی UF به کار رفته و درجه تغلیظ UF بستگی دارد (هانون و همکاران، ۲۰۰۶).

یکی دیگر از تفاوت‌های موجود بین فراوری تولید پنیر به روش فراپالایش و تولید به روش سنتی در این است که در حالت اول، شیر تغلیظ شده‌ای که به عنوان ماده اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرد امکان دارد تحت فرایند حرارتی قرار گرفته یا دیافیلتر[1] شده باشد. بنابراین ممکن است خواص پنیر سازی شیری که به روش فراپالایش تغلیظ شده است با شیر معمولی فرق کند. ترکیب شیمیایی پنیری که با استفاده از فراپالایش تولید می‌شود ، در درجه اول به ترکیب شیر تغلیظ شده بستگی دارد، به علاوه این ترکیب به مقدار آب پنیری که در حین فرایند تولید از پنیر خارج می‌شود و همچنین افت رطوبت پنیر در دوران ذخیره سازی و رسیدن بستگی دارد (دیدری و فرهنودی، ۱۳۷۹).

[1] Diafilter

۱-۲-۱- مزایای استفاده از اولترافیتراسیون

استفاده از فراپالایش شیر برای تولید پنیر مزایای فراوانی دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش بازده تا ۲۰٪ در نتیجه الحاق پروتئین‌های آب پنیر و افزایش ارزش غذایی پنیر
- کاهش مصرف رنت و مایع کشت میکروبی به میزان ۸۰٪
- یکنواختی دلمه به سبب تغلیظ پروتئین‌های شیر قبل از انعقاد
- کاهش BOD[1] پرمیت

از مزایای دیگر این سیستم می توان به کاهش تغییرات وزنی پنیر، ساده کردن فرآیند تولید پنیر، افزایش کارایی (راندمان) کارخانه، صرفه جویی در انرژی و نیروی انسانی اشاره کرد (هانون و همکاران، ۲۰۰۶؛ پولیوت، ۲۰۰۸).

فرآیند UF برای تولید پنیرهای نرم و تازه خیلی مناسب است. این روش همچنین برای تولید پنیر فتا، با وجود اینکه این فرآیند روی بافت پنیر تغییراتی را ایجاد می‌کند و به واسطه داخل کردن آب پنیر بالاتر در دلمه روی خصوصیات ذوب شدن آن تاثیر منفی می‌گذارد، موفقیت آمیز بوده است (پولیوت، ۲۰۰۸).

۱-۲-۲- معایب استفاده از اولترافیتراسیون

پنیرهای تهیه شده از شیر فراپالایش عموما دارای خصوصیات حسی و عملکردی متفاوتی با پنیرهای سنتی هستند. گزارش شده است که شرکت وی پروتئین‌ها در تولید این نوع پنیرها منجر به ایجاد بسیاری از تفاوت‌ها در بین پنیر تهیه شده از شیر غیرتغلیظ شده و شیر تغلیظ شده به روش فراپالایش می‌شود. وی پروتئین ها در داخل ماتریکس کازئینی مثل پرکننده‌های خنثی عمل می‌کنند و باعث افزایش باند کردن آب در پنیر می‌شود که باعث ایجاد پنیر نرم تر از پنیرهای سنتی می‌شود.

[1] Biological Oxygen Demand

همچنین اشاره می‌شود که حضور وی پروتئین‌ها پروتئولیز آنزیمی کازئین‌ها را در طول رسیدن پنیر UF کاهش می‌دهد (کارلسون و همکاران، ۲۰۰۷).

تحقیقات زیادی نشان داده‌اند که رسیدن در پنیر UF تهیه شده از شیر ۵ برابر- یا کامل تغلیظ شده، در مقایسه با رسیدن پنیرهای سنتی ،کندتر است که احتمالا به خاطر حضور وی پروتئین اضافی است که از فعالیت پروتئولیتیکی رنت و پلاسمین ممانعت می‌کند (هانون و همکاران، ۲۰۰۶).

از دیگر معایب این روش می‌توان به استهلاک فیلترها و نیاز به تعویض مستمر آن‌ها، نیاز به کادر فنی متخصص و ماهر، ارزبری بالا و تکنولوژی وابسته اشاره کرد (حصاری، ۱۳۸۴).

۱-۳- شیر و ویژگی‌های آن برای تولید پنیر

به منظور ایجاد کیفیت مطلوب، ضروری است شیر استفاده شده در پنیر سازی، دارای بالاترین کیفیت باکتریولوژیکی و شیمیایی باشد. برای داشتن شیر با کیفیت بالا رعایت استانداردهای زیر ضروری است:

- ❖ تعداد اولیه باکتری‌ها در شیر کم باشد.
- ❖ در شیر هیچ گونه باکتری بیماری زا نباشد.
- ❖ شیر دارای توانایی مناسب برای رشد باکتری‌های آغازگر باشد.
- ❖ شرایط شیر برای فعالیت آنزیم مایه پنیر مناسب باشد.
- ❖ ترکیبات موجود در شیر طبیعی باشد.
- ❖ بو و مزه شیر حالت طبیعی داشته باشد.
- ❖ تعداد باکتری‌های اسید بوتریک در شیر کم باشد (فرهنودی، ۱۳۸۲).

۱-۴- رسیدن پنیر

رساندن[1] پنیر، هدف اصلی فرآیند پنیرسازی برای تولید محصولی خوشمزه و گوارا است. رساندن به نوع فن آوری در پنیر سازی، افزودن نمک و شرایط ذخیره سازی و نگهداری بستگی دارد. به طور کلی می‌توان رسیدن پنیر را در اثر سه واکنش اصلی از دیدگاه شیمیایی بیان نمود که در واقع حاصل تجزیه مواد متشکله آن می باشد:

۱) پروتئولیز

۲) لیپولیز

۳) گلیکولیز

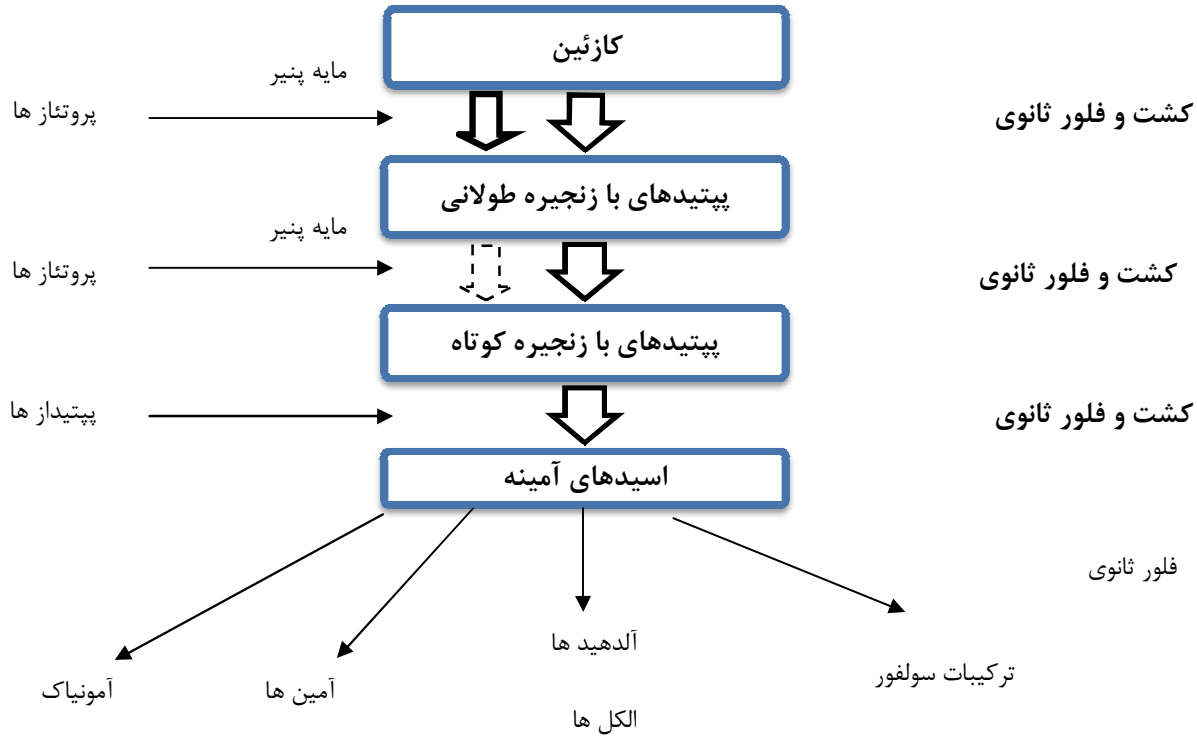
[1] Ripening

این سه واکنش عامل اصلی تغییرات بافت در طی رسیدن و همچنین مبنای ایجاد عطر و طعم در پنیر می‌باشند. از نظر زمانی ، تخمیر لاکتوز و سیترات در هنگام پنیر سازی اولین فرآیند تجزیه‌ای می‌باشد و به معنی سرعت نسبتا بالای این فرآیند در مقایسه با دو فرآیند دیگر است. پروتئولیز و لیپولیز در طول مدت زمان نگهداری پنیر به وقوع می‌پیوندند (فرهنودی، ۱۳۸۲).

۱-۴-۱- پروتئولیز

پروتئولیز مهمترین و پیچیده‌ترین واکنشی است که در طول رسیدن اتفاق می‌افتد و به دو مرحله پروتئولیز اولیه و ثانویه تقسیم می‌شود (سوسا و همکاران، ۲۰۰۱). پروتئولیز اولیه را می‌توان به صورت آن دسته از تغییرات که روی β، γ، α_s- کازئین‌ها، پپتیدها و سایر دسته‌های کوچک اتفاق می‌افتد تعریف کرد که با الکتروفورز ژل پلی آکریل آمید (PAGE) قابل شناسایی هستند. محصولات پروتئولیز ثانویه شامل پپتیدها و آمینواسیدهای محلول در فاز آبی پنیر هستند و به صورت یک جزء محلول در آب قابل استخراج هستند (پریرا و همکاران، ۲۰۰۸).

پروتئولیز دو نقش اساسی در پنیر را دارا است. یکی شرکت در توسعه بافت پنیر از طریق تجزیه شبکه پروتئینی و کاهش فعالیت آبی از طریق جذب آب توسط گروه‌های کربوکسیلیک و آمینی آزاد شده از پیوندهای هیدرولیز شده و نقش دیگر شرکت در عطر و طعم پنیر است (سوسا و همکاران، ۲۰۰۱). پروتئولیز به طور مستقیم در ایجاد طعم خوب یا بد (تلخی) در پنیر از طریق تشکیل پپتیدهای کوچک و اسیدهای آمینه آزاد نقش دارد و یا به طور غیرمستقیم از طریق آزادسازی اسیدهای آمینه-ای که به عنوان سوبسترا برای یک سری واکنش‌های کاتابولیکی محسوب می‌گردند و سبب تولید ترکیبات فرار و معطر مهم می‌شوند (شکل ۱)، در ایجاد عطر و طعم موثر هستند (سوسا و همکاران، ۲۰۰۱؛ مک سوئنی و سوسا، ۲۰۰۰).



شکل ۱-۱ تشکیل ترکیبات طعم دار ناشی از تجزیه کازئین

۱-۴-۱-۱- فاکتورهای موثر در پروتئولیز در طی رسیدن

در طول رسیدن، پروتئولیز در پنیر توسط آنزیم‌های زیر کاتالیز می‌شود:

۱) آنزیم‌های حاصل از منعقد کننده‌ها (مثل: کیموزین، پپسین و پروتئینازهای میکروبی یا گیاهی)

۲) آنزیم‌های شیر (پلاسمین و ممکن است کاتپسینD و سایر پروتئینازهای سلول‌های سوماتیک باشد)

۳) آنزیم‌های استارتر

۴) آنزیم‌های حاصل از باکتری‌های غیراستارتر

۵) آنزیم‌های حاصل از کشت ثانویه

۶) پروتئینازها و پپتیدازهای خارجی (سوسا و همکاران، ۲۰۰۱).