وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستنامهٔ فنی:

راهنمای تهیهٔ پنیر چدار

شهین زمردی و اصغر خسروشاهی اصل

AERI

سال انتشار: ۱۴۰۰

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵ -۳۱۵۸۵، مؤسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۶۱۵۰۰۰۰(۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، آدرس دسترسی: www.aeri.ir(بخش انتشارات الکترونیکی)

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستنامهٔ فنی:
راهنمای تهیهٔ پنیر چدار

تهیه و تدوین:
شهین زمردی، اصغر خسروشاهی اصل

به ترتیب عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی؛ و استاد بازنشسته گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه

سال انتشار:
۱۴۰۰

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نوع نوشتار: دستنامه فنی
عنوان نوشتار: راهنمای تهیهٔ پنیر چدار
نگارندگان: شهین زمردی و اصغر خسروشاهی اصل
ویراستار ادبی: محمدرضا داهی
صفحه‌آرا: سمیه وطن دوست
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول
سال انتشار: ۱۴۰۰

مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.

شماره ثبت ۶۰۹۳۲ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۴۰۰/۱۰/۲۰

مخاطبان نشریه:

دانش آموختگان علوم کشاورزی، مروجان کشاورزی، دامداران پیشرو و کارشناسان پهنه

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- مراحل عمومی و اختصاصی تهیه پنیر چدار
- مراحل ایجاد بافت مناسب در پنیر چدار
- بسته بندی، پوشش دهی و رسیدن پنیر
- سیستم HACCP در پنیر چدار

آشنا خواهید شد.

فهرست

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول: مراحل عمومی تهیه پنیر چدار	۳
۱-۱-مقدمه	۳
۱-۲-مراحل تهیه پنیر چدار	۴
۱-۳- مراحل عمومی تهیهٔ پنیر چدار	۵
۱-۳-۱-انتخاب شیر	۵
۱-۳-۲-استاندارد کردن شیر	۶
۱-۳-۳-پاستوریزاسیون شیر	۷
۱-۳-۴-افزودن مایه کشت میکروبی و رسانیدن شیر	۹
۱-۳-۵-انعقاد شیر	۱۲
۱-۴-پیشنهادهای کاربردی	۱۵
فصل دوم: مراحل اختصاصی تهیه پنیر چدار	۱۶
۲-۱-مقدمه	۱۶
۲-۲-بریدن دلمه	۱۶
۲-۳-پختن دلمه	۲۱
۲-۴-جدا کردن آب پنیر	۲۳
۲-۵-پیشنهادهای کاربردی	۲۵
فصل سوم: مراحل ایجاد بافت مناسب	۲۷
۳-۱-مقدمه	۲۷
۳-۲-روی هم انباشتن دلمه	۲۷
۳-۳-برگردانیدن بلوک‌ها	۲۸

۳۰ ۴-۳-رنده کردن دلمه
۳۱ ۵-۳-نمک‌زنی
۳۴ ۶-۳-پرس
۳۶ ۳-۷-پیشنهادهای کاربردی

فصل چهارم: بسته بندی و پوشش دهی ۳۷
۳۷ ۴-۱-مقدمه
۳۷ ۴-۲-بسته بندی تحت خلا
۳۸ ۴-۳-پوشش‌دهی پنیر با پارافین
۴۰ ۴-۴-استفاده از پوشش‌های خوراکی
۴۲ ۴-۵-استفاده از نانو پوشش‌های خوراکی
۴۳ ۴-۶-پیشنهادهای کاربردی

فصل پنجم: رسیدن پنیر ۴۴
۴۴ ۵-۱-مقدمه
۴۶ ۵-۲-تغییرات ایجاد شده در حین رسیدن
۴۶ ۵-۲-۱- گلیکولیز
۴۸ ۵-۲-۲- پروتئولیز
۵۱ ۵-۲-۳- لیپولیز
۵۳ ۵-۲-۴- سایر موارد
۵۴ ۵-۳-پیشنهادهای کاربردی

فصل ششم: سیستم HACCP در پنیر چدار ۵۵
۵۵ ۶-۱-مقدمه
۵۶ ۶-۲-شناسایی نقاط کنترل بحرانی در فرایند تولید پنیر چدار
۵ ۶ ۶-۲-۱-انتخاب و استاندارد کردن شیر

۲-۲-۶-مرحله پاستوریزاسیون ۵۷
۳-۲-۶-افزودن استارتر و فرآیند انعقاد دلمه ۵۷
۴-۲-۶-مراحل برش و هم زدن ۵۹
۵-۲-۶-مرحله پختن ۵۹
۶-۲-۶-چدارینگ ۶۰
۷-۲-۶-مقدار نمک ۶۰
۸-۲-۶-مرحله پرس ۶۱
۹-۲-۶-مرحله رسیدن ۶۱
۶-۳-پیشنهادهای کاربردی ۶۲

منابع مورد استفاده ۶۲

مقدمه

پنیر یکی از پرمصرف‌ترین فرآورده‌های شیری است و بسته به نوع آن عطر و طعم ویژه دارد و حاوی مقادیری متفاوت از ترکیبات عمدهٔ شیر از جمله پروتئین، چربی، آب، مواد معدنی و ویتامین‌هاست که روزانه به‌خصوص در وعده صبحانه استفاده می‌شود.

پنیر مهمترین محصول صنایع شیر است و بخش عمده‌ای از شیر تولیدی (۳۵ درصد) در دنیا به‌صورت پنیر عرضه می‌گردد. در سال ۲۰۲۱ مقدار تولید پنیر در جهان ۲۱/۶۹ میلیون تن گزارش شده است. در این بین، ایران نیز با تولید ۲۴۱۱۲۵ تن پنیر در سال در ردهٔ هیجدهم کشورهای تولید کننده پنیر قرار دارد (فائو، ۲۰۲۱).

پنیر در نتیجهٔ انعقاد کازئین بر اثر آنزیم رنین یا آنزیم‌های مشابه در حضور اسید لاکتیک تولید می‌شود. به آنچه همراه کازئین منعقد شده روی صافی باقی می‌ماند دلمه یا پنیر تازه گفته می‌شود. دلمه پس از تغییراتی که در نتیجه گذراندن فرآیند رسیدن است به پنیر تبدیل می‌شود.

بیش از ۴۰۰ نوع پنیر در کشورهای مختلف تهیه می‌شود که بسیاری از آنها از نظر روش تهیه و مشخصات شباهت‌های زیادی به یکدیگر دارند. در نتیجه نمی‌توان گفت که پنیرهای مختلف دنیا تا این اندازه متنوع‌اند، بلکه در هر محل نام‌های مختلفی به پنیرها داده شده است.

پنیر را از چندین لحاظ می‌توان طبقه‌بندی کرد. طبقه‌بندی بر پایهٔ نوع انعقاد کازئین (انعقاد با مایه پنیر و انعقاد با مایه ترش) و طبقه‌بندی بر پایهٔ مقدار رطوبت (پنیرهای خیلی سفت، سفت، نیمه سفت و نرم). در حال حاضر انواع پنیرها را می‌توان به ۱۸ تا ۲۰ گروه یا دستهٔ متمایز تقسیم کرد که هر گروه دارای

مشخصات مشابهی است و اختلاف عمده‌ای بین آنها یافت نمی‌شود (زمردی، ۱۳۹۹). در جدول ۱ انواع پنیر بر اساس رطوبت آورده شده است.

جدول ۱ -طبقه بندی پنیر بر اساس رطوبت و چربی آن

انواع پنیر	نمونه پنیر	چربی در مادهٔ خشک (٪)	آب در مادهٔ بدون چربی (٪)
خیلی سفت	پارمزان	>۶۰	<۵۱
سفت	چدار	≥۴۵ - <۶۰	۴۹-۵۵
نیمه سفت	روکفورت	>۱۰ - <۲۵	۶۱-۶۸
نرم	پنیرهای لاکتیکی	>۱۰	>۶۱

شرایط آب و هوایی و وضعیت کشاورزی و جغرافیایی محل در پیدایش انواع پنیرها موثر بوده اند که در نتیجه به مرور زمان هر محل به تهیهٔ انواعی خاص از پنیر با مشخصات نسبتا ثابت معروف شده است که از این میان می‌توان به پنیر چدار[1] اشاره کرد (زمردی، ۱۳۹۹).

هدف از تدوین این دستورالعمل، تعریف ویژگی‌های اصلی پنیر چدار، فرایندهای تولید آن و توضیح چگونگی تأثیر مراحل مختلف تولید بر کیفیت محصول نهایی است. همچنین در مورد نقاط کنترل بحرانی[2] در خط تولید پنیر چدار، با توجه به ایمنی و کیفیت محصول بحث شده است.

1. Cheddar
2. Critical Control Point (CCP)

فصل اول

مراحل عمومی تهیهٔ پنیر چدار

۱-۱-مقدمه

پنیر چدار از روستای چدار در سامرست[1]، جنوب غربی انگلیس، سرچشمه گرفته است. در درهٔ چدار در حاشیهٔ روستا تعدادی غار وجود دارد که رطوبت مطلوب و دمای پایدار را برای رسیدن پنیر فراهم می‌کنند. پنیر چدار نوعی پنیر سخت، صاف و زرد یا نارنجی رنگ است که از شیر گاو تهیه می‌شود و عطر و طعم و بافت مطلوب دارد.

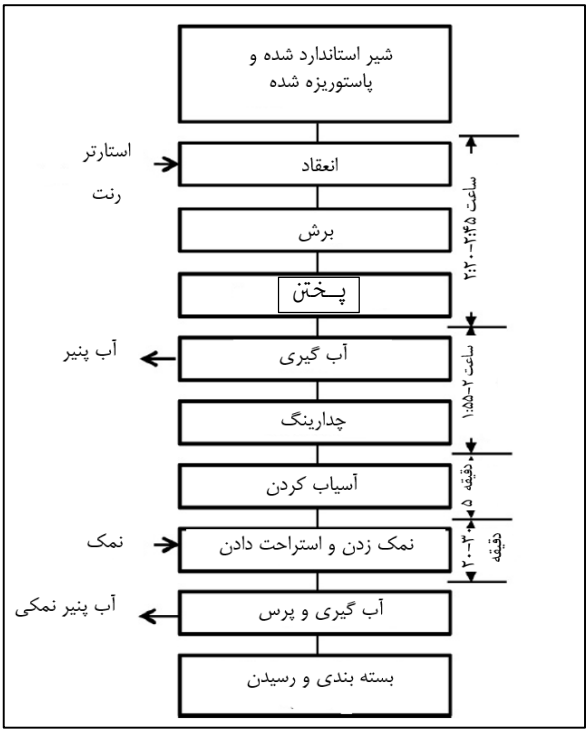
تولید این پنیر شامل فرایند چدار شدن[2] است که این پنیر را بی نظیر می‌کند. تولید این پنیر نفیس در سراسر دنیا رواج دارد و کاملا شناخته شده است. پنیر چدار در انگلیس محبوب‌ترین نوع پنیر است و ۵۱ درصد از بازار پنیر این کشور را در دست دارد. در آمریکا نیز پنیر چدار پس از پنیر موزارلا، دومین پنیر محبوب در این کشور است. علاوه بر انگلستان و آمریکا، پنیر چدار در استرالیا، آرژانتین، بلژیک، کانادا، آلمان، ایرلند، هلند، نیوزیلند، آفریقای جنوبی، سوئد و فنلاند نیز تهیه می‌شود. در حال حاضر، این پنیر خوش عطر و طعم به شکلی گسترده در همه نقاط دنیا نیز تولید می‌شود (زمردی، ۱۳۹۹). پنیر چدار به دلیل استفاده از استارترهای تخمیر کنندهٔ همگن، فاقد هرگونه سوراخ است که پنیر با ساختاری صاف فراهم کند.

[1] Somerset

[2].Cheddarizing

۱-۲-مراحل تهیهٔ پنیر چدار

در شکل ۱ مراحل مختلف تهیهٔ پنیر چدار آورده شده است (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).



شکل ۱-مراحل تولید پنیر چدار (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷)

۱-۳-مراحل عمومی تهیهٔ پنیر چدار

روش تهیهٔ پنیر چدار تا مرحلهٔ برش مشابه روش تولید پنیر سفید است. در اینجا این مراحل توضیح داده می‌شود.

۱-۳-۱-انتخاب شیر

شیرخام مورد استفاده برای تهیهٔ پنیر باید کیفیت بالایی داشته باشد. شیر باید فاقد هرگونه بازدارنده و هرگونه میکروارگانیسم زیان‌آور باشد. وجود میکروارگانیسم زیان‌آور در شیر اثر نامطلوبی در تهیهٔ پنیر و خود پنیر خواهد داشت. مناسب بودن شیر برای پنیرسازی با آزمایش تخمیر و قابلیت انعقاد تعیین می‌شود (زمردی، ۱۳۹۹).

به‌منظور جلوگیری از پاره شدن دیوارهٔ گلبول چربی، که منجر به آزاد شدن لیپاز[1] می‌گردد، شیر باید به آرامی جابه‌جا شود، زیرا لیپاز آزاد شده موجب تسریع در تجزیه چربی می‌شود و طعم صابون در پنیر ایجاد می‌کند.

در اثر استفاده از شیر ناسالم، ممکن است تغییرات نامطلوبی از جمله تخمیر زودرس و تخمیر کُند در پنیر ایجاد شود. برای جلوگیری از تخمیر زودرس، رعایت نکات زیر توصیه می‌شود:

-تولید و نگهداری شیر در شرایط بهداشتی،

-انتخاب و کاربرد صحیح تمیز کننده‌ها و استریل کننده‌ها،

-کنترل نوک پستان و درمان آن، جلوگیری از آلودگی ثانویه،

-کنترل فعالیت باکتری‌های مایه ترش میکروبی،

[1].Lipase

-آزمایش آب پنیر از نظر وجود باکتریوفاژ[1] و ترکیبات باکتری‌کش.

برای جلوگیری از تخمیر دیررس نیز باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

-استفاده از علوفهٔ سیلو شده و سبز تمیز،

-تولید بهداشتی شیر،

-کنترل و درمان صحیح نوک پستان‌ها،

-سانتریفیوژ کردن شیر به‌منظور حذف میکروارگانیسم‌ها،

-اسیدی کردن شدید شیر.

۱-۳-۲-استاندارد کردن شیر

برای تولید پنیر با ترکیبات ثابت و حذف تاثیر تغییرات فصلی بر ترکیبات پنیر، لازم است شیر استاندارد شود. برای استاندارد کردن شیر پنیرسازی، معمولاً نسبت کازئین به چربی تنظیم می‌شود. برای انواع پنیر چدار، این نسبت بین ۰/۶۷ و ۰/۷۲ است. با توجه به اینکه پروتئین خام را می‌توان به‌روش فرمل[2] سریعاً تعیین کرد بنابراین در استاندارد کردن می‌توان از نسبت پروتئین خام به چربی استفاده کرد که این نسبت باید ۰/۹ باشد. هر چه مقدار چربی موجود در شیر بیشتر باشد، انعقاد با رنت، جدا کردن رطوبت از دلمه دشوارتر خواهد بود، زیرا وجود چربی به صورت مکانیکی با فرآیند سینرژیس تداخل می‌کند. بالا بودن مقدار پروتئین همچنین منجر به کاهش حجم آب پنیر تولیدی در فرایند می‌شود (اونگ و همکاران، ۲۰۱۵).

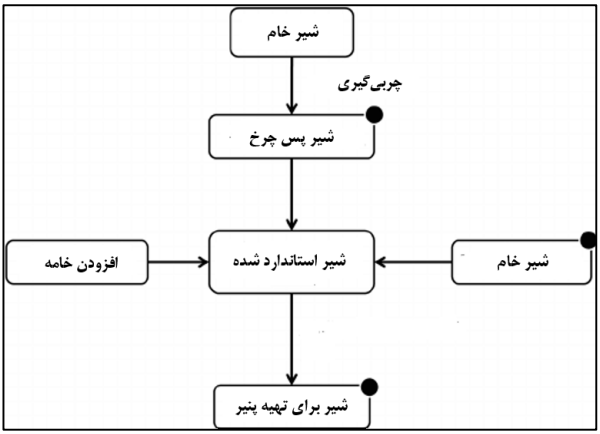
[1].Bacteriophage

[2].Formol

ترکیبات شیر پنیرسازی با اضافه کردن شیر چربی گرفته، یا گرفتن مقداری از چربی شیر پنیرسازی تنظیم می‌شود (شکل ۲). با استاندارد کردن چربی شیر همچنین می‌توان پنیر با انواع چربی تهیه نمود.

۱-۳-۳-پاستوریزاسیون شیر

پس از استاندارد کردن، شیر پاستوریزه می‌شود. پاستوریزه کردن موجب از بین رفتن کامل میکروب‌های بیماری‌زا در شیر و غیرفعال کردن آلکالن فسفاتاز[1] می‌شود و همچنین در اثر غیرفعال شدن میکروفلورهای شیر، ایجاد طعم نامطلوب کاهش می‌یابد. با توجه به تاثیر سوء دماهای بالا در جلوگیری از انعقاد شیر، امروزه در اکثر کشورها معمولا برای پاستوریزه کردن شیر از دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه یا از دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه استفاده می‌شود (خسروشاهی و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۲- استاندارد کردن شیر برای تهیه پنیر (مولف)

[1].Alkaline phosphatase

لازم است دما و زمان پاستوریزاسیون به طور دقیق کنترل شود (شکل ۳). در صورت استفاده از دمای پایین یا زمان کوتاه‌تر، میکروارگانیسم از بین نخواهد رفت و در نتیجه کیفیت محصول نهایی کاهش می‌یابد.

شکل ۳- کنترل دما هنگام پاستوریزه کردن شیر (اینترنت)

اگر از دمای بالا یا زمان طولانی‌تری استفاده شود، پروتئین‌های آب پنیر به میسل کازئین متصل می‌شوند. این اتصال بعد از اضافه کردن مایه پنیر مقاوم باقی می‌ماند. در نتیجه، ذرات کازئین در مجاورت مایه پنیر به‌هم نمی‌پیوندند و بنابراین شیر حرارت دیده برای تولید پنیر مناسب نخواهد بود.

از طرفی، پاستوریزه کردن موجب مختل شدن قدرت انعقاد شیر می‌گردد زیرا نمک‌های کلسیم انحلال‌ناپذیر (فسفات کلسیم) به حالت رسوب درمی‌آید، کازئین مقداری از آب هیدراتهٔ خود را از دست می‌دهد و مقداری از پروتئین‌های محلول در آب روی آن رسوب می‌کند. برای بهبود قدرت انعقاد شیر و بهبود ظرفیت نگهداری آب دلمه از کلرید کلسیم استفاده می‌شود. کلرید کلسیم معمولا

در غلظت ۲۰۰-۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به شیر اضافه می‌شود (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).

۱-۳-٤-افزودن مایه کشت میکروبی و رسانیدن شیر

پس از پاستوریزاسیون، به شیر مایه کشت میکروبی (استارتر) اضافه می‌شود (شکل ۴).

استفاده از مایه کشت میکروبی در تهیهٔ تمام انواع پنیر ضروری است؛ نقش اصلی آن تولید اسید در تهیهٔ پنیر است. اسید تولید شده به طور عمده اسید لاکتیک است و در نتیجهٔ تخمیر لاکتوز توسط باکتری‌های اسید لاکتیک ایجاد می‌شود.

تولید اسید علاوه بر تشدید جدا شدن آب از دلمه، موارد زیر را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد:

۱-فعال کردن مادهٔ منعقدکننده در حین انعقاد.

۲-واسرشت کردن(دناتوره کردن) پروتئین‌های شیر و نگهداری مادهٔ منعقدکننده در داخل دلمه در حین ساخت، که این کار موجب پروتئولیز ثانویه در مرحلهٔ رسیدن پنیر و بهبود و گسترش عطر و طعم و مزه می‌شود.

۳- استحکام دلمه که این کارراندمان بر راندمان پنیرسازی اثر می‌گذارد.

۴-کمک به از هم‌پاشیدگی کلسیم فسفات کلوئیدی که موجب به‌وجود آمدن حساسیت کازئین به پروتئولیز می‌شود و تغییراتی در بافت و ساختار پنیر ایجاد می‌کند.

۵-جلوگیری از رشد بسیاری از گونه‌های باکتریایی خارج از مایه کشت میکروبی مانند باکتری‌های بیماری‌زا، عوامل مسمومیت‌های غذایی و میکروارگانیسم‌های عامل عیوب غذایی.

شکل ٤- افزودن استارتر (Anon)

برای اسیدی کردن سریع شیر به مقدار استارتر زیادی نیاز است. انتخاب استارتر مناسب در تهیهٔ پنیر چدار بسیار مهم است. استارتر مورد استفاده باید در برابر دمای بالا و باکتریوفاژها مقاوم باشد، مقدار CO_2 بسیار کمی تولید کند و قادر به تولید سریع اسید و رشد سریع باشد.

دو نوع مایه کشت میکروبی وجود دارد، یکی مایه کشت میکروبی مزوفیل که متوسط دمای رشد آن ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد باست و دیگری ترموفیل که متوسط دمای رشد آن ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد است. انتخاب مایه کشت میکروبی بستگی به نوع پنیر دارد.

در تهیهٔ پنیر چدار، بیشتر از کشت‌های میکروبی مزوفیل استفاده می‌شود که دمای گرمخانه‌گذاری معمول برای اغلب کشت‌های میکروبی مزوفیل در تهیهٔ پنیر ۲۱ درجه سانتی‌گراد است. استارترهای مورد استفاده در این نوع پنیر معمولاً

حاوی گونه‌های *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیر گونهٔ *لاکتیس*[1] و *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیر گونهٔ *کریموریس*[2] است.

لاکتوکوکوس لاکتیس گونهٔ *لاکتیس* در برابر دمای بالا مقاوم است اما تمایل به تولید پپتیدهای تلخ[3] دارد در حالی که سویهٔ دیگر مقاومت زیادی در برابر دمای بالا ندارد اما پپتیدهای تلخی تولید نمی‌کند. *لاکتوکوکوس لاکتیس* گونهٔ *کرموریس* نیز در رسیدن در تولید طعم و مزه نقش مهمی دارد. از طعم دهنده‌های لاکتوباسیل نیز استفاده می‌شود (زمردی، ۱۳۹۹). با گسترش استفاده از کشت‌های خشک شدهٔ انجمادی[4] برای تلقیح مستقیم به شیر پنیرسازی، *استرپتوکوکوس ترموفیلوس*[5] نیز به عنوان جزئی از کشت استارتر برای تولید چدار استفاده شده است زیرا علاوه بر بهبود اسیدیته، هزینه‌های تهیهٔ کشت‌های استارتر را کاهش می‌دهد. برای افزودن مایه کشت میکروبی، ابتدا دمای شیر به ۲۹-۲۱ درجه سانتی‌گراد رسانیده می‌شود و پس از آن مایه کشت میکروبی اضافه خواهد شد. مقدار مایه کشت میکروبی مورد مصرف برای پنیر چدار حدود ۰/۲ درصد است (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).

تهیهٔ پنیر چدار به مقدار زیادی به فعالیت استارتر وابسته است. نقش اصلی استارتر، تولید اسید در پنیر است. اسید لاکتیک تولید شده موجب افزایش ظرفیت تورم پروتئین‌ها و تسریع انعقاد می‌شود. pH شیر مورد استفاده برای تهیهٔ پنیر چدار باید در حدود ۶/۵ باشد. افزایش اسیدیته در پنیر چدار به‌همراه حرارت دادن مخلوط دلمه و آب پنیر در ۴۰ درجه سانتی‌گراد و به‌هم‌زدن آهسته آن موجب آب

---

1. *Lactococcus lactis* subspecies *Lactis*
2. *Lactococcus lactis* subspecies *Creamoris*
3. Bitter peptides
4. Freeze-dried
5. *Streptococcus thermophilus*

اندازی و جدا شدن کامل آب (آب پنیر) از لخته می‌شود و در نتیجه پنیر با درصد آب نسبتا پایین تولید خواهد شد. علاوه بر آن، تولید اسید موجب از هم‌پاشیدگی کلسیم فسفات کلوئیدی و ایجاد حساسیت کازئین به پروتئولیز می‌شود و تغییراتی را در بافت و خمیره پنیر به‌وجود می‌آورد (خسروشاهی، ۱۹۸۸).

۱-۳-۵-انعقاد شیر

مرحلهٔ اساسی در تهیهٔ انواع پنیرهای موجود عبارت است از انعقاد کازئین سیستم پروتئینی شیر و تشکیل ژل به‌طوری‌که چربی را نیر در خود نگه می‌دارد.

پس از اینکه شیر اسیدیتهٔ لازم (حدود ۰/۲۱ درصد) را به‌دست آورد، مایه پنیر اضافه می‌شود. پنیر چدار در دنیا بیشتر با استفاده از پروتئینازهای حیوانی (رنت)[1] منعقد می‌شود. رنت گاوی هنوز یکی از مهمترین انواع مایه پنیر در دنیا تلقی می‌شود که از معدهٔ گوساله‌های جوان استخراج و به‌صورت پودر یا مایه در بازار عرضه می‌شود. آنزیم اصلی موجود در پنیرهای حیوانی کیموزین[2] است که یک پروتئاز داخل سلولی با وزن مولکولی ۳۰۷۰۰ دالتون و pH ایزوالکتریک آن ۴/۶-۴/۷ است که به آسانی در آب حل می‌شود. مزیت استفاده از مایه پنیر (رنت) گوساله حاوی کیموزین بالا در پنیر چدار این است که طعم و بافت پنیر رسیده تلخی کمتری خواهد داشت. مقدار مواد منعقد کننده افزوده شده به شیر پنیرسازی باید بتواند در زمان انعقاد دلمه‌ای محکم تشکیل دهد (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).

در سال‌های اخیر منعقدکننده‌های زیادی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و اعتقاد عمومی بر این است که هیچ یک از آنها بهتر از رنین گاوی نیست. افزایش

---

1. Rennet
2. Chymosin

تولید پنیر و کمبود رنین گاوی در دههٔ گذشته تولیدکنندگان پنیر را بر آن داشته است تا از آنزیم‌های دیگری استفاده کنند. به‌کارگیری مخلوطی از رنین و پپسین[1] به نسبت ۵۰:۵۰ توانسته است تا اندازه‌ای این مشکل را برطرف سازد. پروتئازهای خارج سلولی با منشأ میکروبی که مشابه کیموزین عمل می‌کنند، مانند پروتئازهای حاصل از *ریزوموکور مهیی* [2]، *ریزوموکور پوسیلوس*[3] و *کریفونیکتریا پارازیتیکا*[4] در تهیهٔ پنیر چدار نیز کاربرد دارند. با این حال، آنزیم‌های میکروبی به طور معمول فعالیت پروتئولیتیک بالاتری دارند و منجر به تخریب و وارد شدن پروتئین به آب پنیر و کاهش عملکرد پنیر می‌شوند (جیکوب و همکاران، ۲۰۱۱). معمولاً بسته به نوع مایه پنیر، یک گرم به ازای هر ۲۵ تا ۱۰۰ لیتر شیر اضافه می‌شود. برای افزودن مایه پنیر، مقدار لازم از آن را در آب سرد معمولی حل می‌کنند و محلول به‌دست آمده، بسته به نوع مایه پنیر و خود پنیر، در دمای ۳۱-۲۹ درجهٔ سانتی‌گراد به شیر اضافه و خوب هم‌زده می‌شود تا مایه پنیر با شیر کاملا مخلوط شود (شکل ۵).

در حدود ۲۰-۱۰ دقیقه بعد از اضافه کردن مایه پنیر، نشانه‌های ظاهری و قابل رویت انعقاد دیده می‌شود و برای تکمیل شدن انعقاد ۴۰-۱۰ دقیقه دیگر زمان لازم است (در کل ۴۰ تا ۶۰ دقیقه). پس از اضافه کردن مایه پنیر به شیر ، ژل یا لختهٔ پنیر در دو مرحلهٔ مختلف تشکیل می‌شود (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).

[1].Pepsin

[2].*Rhizomocor mahi*

[3].*Rhizomocor posilus*

[4].*Crifunicytria parasitica*.

در فاز اولیهٔ آنزیمی که در آن کاپاکازئین[1] سطحی به‌وسیلهٔ کیموزین یا سایر پروتئازها مورد حمله قرار می‌گیرد و در نتیجه اثر پایدارکنندگی آن از بین می‌رود. در فاز ثانویه غیر آنزیمی که در آن میسل[2] می‌شکند و بر اثر آنزیم تحت شرایط خاصی منعقد می‌شود و تشکیل ژل می‌دهد. کیموزین (و سایر پپتیدازهای داخلی) کاپاکازئین را اختصاصاً از محل پیوند بین فنیل آلانین اسید آمینهٔ شمارهٔ ۱۰۵ و متیونین اسید آمینهٔ شمارهٔ ۱۰۶ می‌شکند و در نتیجه موجب جدا شدن ماکروپپتید هیدروفیل از انتهای هیدروفیل می‌شود که به کاهش پتانسیل میسلی می‌انجامد.

شکل ۵- افزودن رنت به شیر (Anon)

کاپاکازئین به پاراکاپاکازئین[3] و گلیکوماکروپپتید[4] شکسته می‌شود (دومی مشابه پروتئوز آب پنیر است و در مدت کوتاهی پس از عمل کیموزین در pH شیر جدا می‌گردد). گلیکوماکروپپتید (واحدهای ۱۶۹-۱۰۶) هیدروفیل و

[1].Casein
[2].Micelle
[3].Para Kappa Casein
[4].Glycomacropeptide

انحلال‌پذیراست و بعد از شکسته شدن کاپاکازئین از میسل جدا می‌شود، در صورتی‌که پاراکاپاکازئین (واحدهای ۱۰۵-۱) به شدت هیدروفوب است و روی میسل باقی می‌ماند که لختهٔ پنیر را تشکیل می‌دهد (خسروشاهی، ۱۹۸۸).

استفاده از رنت با مقدار کیموزین بالا موجب ایجاد عطر و طعم و بافت بهتر در پنیر چدار رسیده می‌شود و تلخی آن نیز کمتر خواهد بود.

برش ژل برای عملکرد پنیر بسیار مهم است. هنگامی که ژل ضعیف باشد، سینرژیس به خوبی پیش نمی‌رود و چربی و پروتئین به مرور از بین می‌روند. اگر ژل خیلی سفت باشد، دلمه شکسته می‌شود و چربی و پروتئین نیز از بین می‌روند.

۱-٤-پیشنهادهای کاربردی

شیر خام محیطی است بسیار مناسب برای رشد میکروارگانیسم‌ها که ممکن است از طریق پستان، محیط، تجهیزات جابه‌جایی شیر و پرسنل وارد شیر شوند. از این رو باید شیرخام مورد استفاده برای تهیهٔ پنیر چدار کیفیت بالایی داشته باشد و در پاستوریزاسیون آن دقت شود. برای تولید پنیر با ترکیبات ثابت و حذف تاثیر تغییرات فصلی ترکیبات پنیر، باید شیر استاندارد شود. با توجه به اینکه پروتئین خام را می‌توان سریع تعیین کرد بنابراین در استاندارد کردن راحت‌تر است از نسبت پروتئین خام به چربی استفاده شود که این نسبت باید ۰/۹ باشد.

استارترهای مورد استفاده باید تولید اسید را در مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه شروع و اسید کافی تولید کنند تا از رشد عوامل بیماری‌زا جلوگیری کنند و بافت، قوام و طعم پنیر را بهبود بخشند.

فصل دوم
مراحل اختصاصی تهیهٔ پنیر چدار

۲-۱- مقدمه

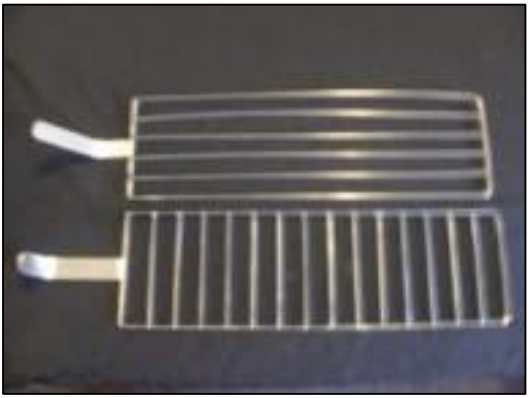
بعد از انعقاد کامل شیر، لختهٔ تشکیل شده تحت یک سری عملیات بعدی قرار می‌گیرد که در نهایت به انواع پنیر تبدیل می‌گردد. به عبارت دیگر تنوع انواع پنیر از این مرحله به بعد آغاز می‌گردد. در زیر این مراحل توضیح داده می‌شود.

۲-۲- بریدن دلمه

اولین کار بعد از انعقاد، بریدن دلمه است. هدف از برش دلمه و مراحل بعدی، از جمله حرارت دادن و هم زدن دلمه، کمک به آب اندازی دلمه است. نحوهٔ بریدن دلمه و سرعت هم زدن آن بر اندازهٔ ذرات دلمه و در نتیجه در خارج شدن چربی و پروتئین از دلمه در هنگام آب‌گیری موثر است. توزیع اندازهٔ ذرات در هنگام تخلیه آب پنیر نیز یکی از عوامل اصلی کنترل مقدار رطوبت پنیر است. هر چه ذرات دلمه بزرگ‌تر باشند، رطوبت بیشتری داخل دلمه حفظ می‌شود. به حداکثر رساندن رطوبت (به‌ویژه رطوبت در مادهٔ بدون چربی) و به حداقل رساندن خروج چربی از دلمه، موجب بیشترین بازده و سودآوری می‌شود. بنابراین، برش فعالیتی کلیدی در تولید پنیر است که نه تنها ترکیب پنیر بلکه بازده پنیر نهایی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. با انتخاب روش مناسب برش می‌توان خروج چربی از دلمه را کمینه کرد.

دلمه با ابزار ویژهٔ برش بریده می‌شود. این ابزار یا چاقو همان‌طور که در شکل ۶ دیده می‌شود از یک چارچوب میله‌ای دستگیره‌دار، تشکیل شده که چند

ردیف سیم یا مفتول فلزی به‌طور افقی یا عمودی بر دیوارهٔ چارچوب قرارداده شده اند. حرکت دادن این ابزارها یا چاقوها در داخل دلمه در دو جهت طولی و عرضی تانک پنیرزنی موجب تبدیل دلمه به قطعات مکعبی ۱×۱×۱ سانتی‌متری می‌شود. جنس این ابزار باید از فلز مقاوم در برابر زنگ زدن (استینلس استیل) باشد.



شکل ٦- تیغه‌های برش پنیر (اینترنت)

بریدن در دمای ۴۰-۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد صورت می‌گیرد. برای این منظور ابتدا دلمه با چاقوی افقی در دو جهت طول و عرض بریده شده و سپس با چاقوی عمودی بریدن در دو جهت مزبور تکرار می‌شود (شکل ۷). بدین ترتیب دلمه به قطعات مکعبی ۱×۱×۱ سانتی‌متری بریده می‌شود (شکل ۸).

شکل ۷-روش بریدن دلمه (Anon)

اگر بریدن زودتر از موعد باشد مقداری از دلمه از بین می‌رود و راندمان پنیرسازی کم خواهد شد. زیرا ممکن است پاراکازئین هنوز منعقد نشده یا ذرات منعقد شده به‌هم نچسبیده باشند و بنابراین ذرات ریز در آب پنیر پراکنده و با آن خارج می‌شوند.

شکل ۸-نمای دلمه پس از برش به شکل قطعات مکعبی ۱×۱×۱ سانتی‌متری (Anon)

علاوه بر آن، ذرات چربی به خوبی توسط دلمه محصور نشده با آب پنیر خارج می‌شوند. اگر دلمه بیش از حد سفت شود کیفیت محصول پایین خواهد بود، زیرا مقدار زیادی آب پنیر در داخل دلمه باقی می‌ماند و خروج آب از دلمه به تاخیر می‌افتد و بریدن دلمه نیز مشکل خواهد شد (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).

برای تعیین بهترین زمان بریدن لخته، یک میلهٔ شیشه‌ای ضدعفونی شده با زاویه ۴۵ درجه در لخته فرو برده می‌شود و به‌طور مستقیم بالا کشیده می‌شود، اگر دلمه صاف بریده شود بهترین زمان بریدن است و اگر دلمه به ذرات کوچک شکسته شود و به میله بچسبد انعقاد هنوز کامل نیست و باید صبر کرد. می توان با انگشت اشاره نیر زمان مناسب بریدن را برآورد کرد (شکل ۹).

شکل ۹-روش تعیین بهتربن موقع بریدن لخته (اینترنت)

اسیدیتهٔ آب پنیر پس از بریدن حدود ۰/۱۱ درصد و pH آن حدود ۶/۳ خواهد بود. به‌دلیل حذف کازئین با خاصیت تامپونی، اسیدیتهٔ آب پنیر ۰/۰۵ تا ۰/۰۸ درصد کمتر از زمان افزودن مایه پنیر خواهد بود، زیرا پس از بریدن فقط اسیدیتهٔ آب پنیر اندازه‌گیری می‌شود (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).

پس از برش، آب پنیر بین مکعب‌ها ظاهر و لایه‌ای نازک در سطح هر مکعب تشکیل می‌شود. این لایه نباید سفت شود و باید دقت کرد تا شکسته نشود. ازاین‌رو باید ۲ تا ۳ دقیقه پس از برش، از به هم زدن دلمه خودداری کرد. سپس به‌هم‌زدن آهسته شروع می‌شود. با سفت شدن تدریجی مکعب‌های دلمه، سرعت هم‌زدن افزایش می‌یابد. به‌هم چسبیدن مکعب‌ها نشان دهندهٔ ناکافی بودن هم‌زدن دلمه است. برای جلوگیری از خروج چربی به داخل آب پنیر، باید آب اندازی دلمه آهسته صورت گیرد. با کنترل مقدار آب‌پنیر باقی‌مانده در داخل قطعات دلمه مقدار رطوبت پنیر، درجهٔ سختی تودهٔ پنیر، اسیدیته و رسیدن پنیر کنترل می‌شود.

دلمهٔ موجود در آب‌پنیر به طور مداوم هم زده می‌شود تا زمانی که اسید کافی تولید و آب‌پنیر از دلمه جدا شود. برای کنترل میزان آب، مدت زمان هم‌زدن و دمای پختن اهمیت بالایی دارد. باید دمای پختن حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد باشد (زمردی، ۱۳۹۹).

۳-۲-پختن دلمه

رطوبت پنیر معمولاً از ۸۷ درصد در ژل اولیه به کمتر از ۳۹ درصد در پنیر چدار نهایی می‌رسد. برای تنظیم مقدار رطوبت پنیر می‌توان از متغیر دمای پخت در دماهای بالا استفاده کرد. اما به دلیل تأثیر حرارت (مثبت یا منفی بسته به ترکیب استارتر) بر فعالیت استارتر و در نتیجه بر pH دلمه، از این روش استفاده نمی‌شود.

پس از حدود ۱۵-۱۰ دقیقه از همزدن آهستهٔ دلمه در آب پنیر، مخلوط به‌ملایمت حرارت داده می‌شود. این کار موجب تسریع آب اندازی می‌شود. گرم کردن مخلوط آب پنیر و قطعات دلمه ممکن است به‌طور غیر مستقیم با عبور آب گرم در جدارهٔ داخلی تانک پنیر زنی یا به‌طور مستقیم با اضافه کردن آب گرم به دلمه‌ها صورت گیرد. این فرایند را اصطلاحاً "پختن دلمه[1]" می‌گویند (شکل ۱۰) که در آن ضمن خروج آب پنیر به‌طور یکنواخت، قطعات دلمه منقبض می‌شود (خسروشاهی، ۱۹۸۸).

ذرات دلمه هنگام گرم شدن منقبض می‌شوند و در نتیجه رطوبت خارج می‌شود. فعالیت استارتر تحت تأثیر دماست به طوری که *لاکتوکوکوس لاکتیس*

[1].Cooking

گونهٔ *کریموریس* در هنگام پختن رشد نمی‌کند در حالی که *لاکتوکوکوس لاکتیس* گونهٔ *لاکتیس* می‌تواند رشد کند زیرا مقاوم در برابر حرارت است.

شکل ۱۰- حرارت دادن دلمه (Anon)

همان طوری‌که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود در اثر پختن، قطعات مکعبی شکل دلمه نسبتا سفت می‌شود.

شکل ۱۱- قطعات دلمه پس از پختن (Anon)

دما برای پخت دلمه در پنیر چدار در حدود ۴۲-۴۰ درجه سانتی‌گراد است. افزایش حرارت باید در ابتدا خیلی آهسته باشد. اگر حرارت سریع افزایش یابد، قسمت خارجی قطعات دلمه به‌سرعت سفت می‌شود در حالی‌که وسط قطعات نرم و حاوی مقدار زیادی آب خواهد بود. بهتر است دما طی دوره‌ای ۳۵ دقیقه‌ای افزایش یابد. پس از رسیدن به دمای مورد نظر باید هم‌زدن در دمای ثابت تا حصول اسیدیته لازم در دلمه ادامه یابد. در پنیر چدار، اسیدیتهٔ آب پنیر حاصل از فشردن دلمهٔ پخته شده حدود ۰/۱۶ درصد (pH آن حدود ۵/۸) است. مهم‌ترین عامل کنترل کیفیت پنیر چدار میزان تولید اسید در مخزن پنیرسازی (وت[1]) است زیرا تا حدود زیادی pH نهایی را تعیین می‌کند و ساختار اساسی پنیر را تشکیل می‌دهد. با کاهش pH دلمه (pH زیر ۵/۵-۵)، امکان از بین رفتن همزمان کلسیم فسفات کلوئیدی از ذرات کازئین وجود دارد (روفس و همکاران، ۱۹۸۵).

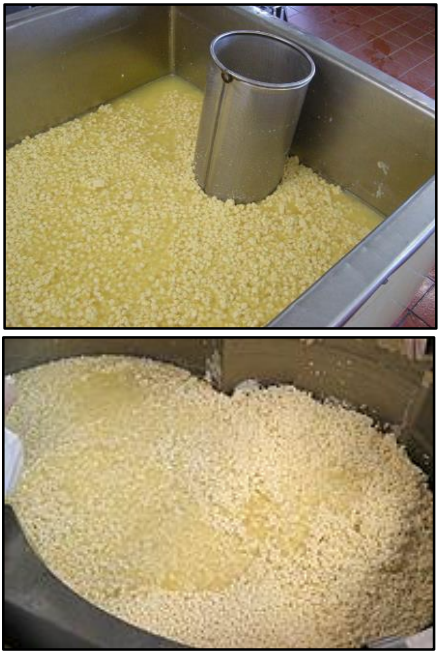
٤-۲-جدا کردن آب پنیر

وقتی اندازهٔ مکعب‌های دلمه به نصف اندازهٔ آن در موقع بریدن رسید و اسیدیته و بافت مناسبی ایجاد شد (در موقع فشردن قطعات دلمه احساس حالت پلاستیکی می‌شود)، هم‌زدن متوقف خواهد شد و مکعب‌ها ته‌نشین می‌شوند. این عمل را اصطلاحا پیچینگ[2] می‌گویند (یعنی قرار گرفتن قطعات دلمه در ته تانک پنیرزنی و انباشتن آنها روی هم).

برای جدا کردن آب پنیر، ذرات دلمه از محل خروجی تانک پنیرزنی به عقب رانده می‌شوند و یک توری در محل خروجی آب پنیر قرار داده می‌شود. سپس آب پنیر داخل تانک به‌تدریج تخلیه می‌گردد. همچنین می‌توان با خم

[1].Vat
[2].Pitching

کردن تانک پنیرزنی، آب پنیر را جدا کرد. جدا کردن آب پنیر در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲- روش جدا کردن آب پنیر (Anon)

پس از تخلیهٔ آب پنیر، میزان فعالیت استارتر، مقدار کاهش pH بین مراحل برش و آب گیری را تعیین می‌کند. مقدار pH در هنگام تخلیهٔ آب پنیر، مقدار باقی ماندهٔ کلسیم و نسبت کیموزین باقیمانده و پلاسمین[1] موجود در پنیر را نیز تعیین می‌کند.

[1].Plasmin

کیموزین یا سایر مواد منعقد کنندهٔ باقیمانده در پنیر در تجزیهٔ کازئین‌ها هنگام رسیدن و در نتیجه توسعهٔ طعم و بافت خاص پنیر نقش عمده‌ای دارد. توزیع متوسط ترکیبات تشکیل دهندهٔ شیر در پنیر چدار و آب پنیر حاصل در جدول ۲ آورده شده است (خسروشاهی، ۱۹۸۸).

جدول ۲- توزیع متوسط ترکیبات تشکیل دهندهٔ شیر در پنیر چدار و آب پنیر حاصل

ترکیبات شیر	پنیر (٪)	آب پنیر (٪)
چربی	۹۲/۵	۷/۵
پروتئین	۷۶/۶	۲۳/۴
کازئین	۹۶	۴
بتالاکتوگلوبولین	۷/۱	۹۲/۹
لاکتوز	۳/۹	۹۶/۱
املاح	۵۰	۵۰
مادهٔ خشک	۵۱/۵	۴۸/۵
مادهٔ خشک بدون چربی	۳۳/۳	۶۶/۷

در pH نهایی مشابه، اگر دلمه مدت زمان طولانی‌تری در تماس با آب پنیر باقی بماند، در مقایسه با زمانی که دلمه زودتر خارج می‌شود، دلمه مقدار لاکتوز بیشتری خواهد داشت. دلیل آن احتمالاً انتقال مداوم لاکتوز از آب پنیر به دلمه است.

۲-۵-پیشنهادهای کاربردی

بعد از انعقاد کامل شیر، برش دنبال می‌شود. اگر برش زودتر یا دیرتر از موعد باشد، موجب کاهش راندمان پنیرسازی می‌شود. دلمه باید با چاقوهای افقی و عمودی در دو جهت طول و عرض بریده و به قطعات مکعبی ۱×۱×۱

سانتی‌متری تبدیل شود. هم‌زدن دلمه باید پس از ۳ دقیقه شروع شود. به‌هم چسبیدن مکعب‌ها نشان دهندهٔ ناکافی بودن به‌هم‌زدن دلمه است.

پختن منجر به انقباض دلمه و دفع آب پنیر می‌شود. تخلیه و خارج کردن دلمه باید در زمان مناسب، به میزان مناسب و در دمای مناسب توسط پرسنل مجرب صورت گیرد. افزایش حرارت پخت باید در ابتدا خیلی آهسته باشد. بهتر است دما طی یک دورهٔ ۳۵ دقیقه‌ای افزایش یابد.

فصل سوم

مراحل ایجاد بافت مناسب

۳-۱-مقدمه

برای ایجاد بافت مناسب در پنیر چدار، عملیاتی مانند روی هم انباشتن دلمه، بریدن آن به‌شکل قطعات یا بلوک‌های بزرگ‌تر، برگرداندن بلوک‌ها و گرم نگاه‌داشتن آنها تا حصول اسیدیتهٔ کافی و ایجاد بافت کاملاً لاستیکی در پنیر صورت می‌گیرد (زمردی، ۱۳۹۹). هریک از این مراحل توضیح داده می‌شود.

۳-۲-روی هم انباشتن دلمه

در این مرحله، برای تسهیل خروج بیشتر آب پنیر، در وسط تانک، مکعب‌های دلمه در کناره‌های طولی تانک پنیرزنی عقب زده می‌شوند تا کانالی ایجاد شود (شکل ۱۳).

شکل ۱۳- روی هم انباشتن دلمه (Anon, 2010)

این مرحله حدود ۵ تا ۱۵ دقیقه به طول می‌انجامد. در پایان این مرحله، دو قالب دراز دلمه در دو طرف تانک پنیرزنی تشکیل می‌شود. این دو قالب با کارد پنیرسازی به قالب‌های کوچکتر با عرض ۲۰-۱۵ سانتی‌متری بریده می‌شوند (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).

۳-۳-برگردانیدن قالب‌ها

زمانی‌که قالب‌ها بدون شکستن قابل انتقال باشند، برگردانیده می‌شوند. این کار هر ۱۵ دقیقه یک بار صورت می‌گیرد تا بلوک‌ها آماده آسیاب کردن و نمک‌زنی باشند. در این مرحله درپوش تانک پنیرزنی گذاشته می‌شود و دلمه‌ها گرم نگه‌داشته می‌شوند (۳۲ درجه سانتی‌گراد). پس از حدود ۴۵-۳۰ دقیقه، قالب‌های بریده شده به‌صورت دو تا دو تا یا سه تا سه تا روی هم قرار داده می‌شوند (شکل ۱۴).

قالب‌های دلمه برگردانده می‌شوند. برگردانیدن قالب‌ها و روی هم انباشتن آنها به‌صورت دو طبقه و سه طبقه و جابه‌جا کردن آنها بستگی به تولید اسید دارد. اسیدیتهٔ نهایی در پایان این مرحله حدود ۰/۷ درصد (pH برابر ۵/۳) است. اگر سرعت تولید اسید بیشتر باشد، بلوک‌ها هر ۱۵-۱۰ دقیقه یک بار برگردانیده خواهند شد تا سریع سرد شوند و نیز برای تسریع در خروج آب پنیر از داخل دلمه، آن‌ها را به‌صورت چندتایی روی هم قرار می‌دهند (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).

شکل ١٤-روی هم انباشتن دلمه‌ها، قرار گرفتن قالب‌ها روی هم در تانک پنیرسازی هنگام چدارینگ اولی (Anon, 2010)و دومی (گرفته شده در آزمایشگاه صنایع غذایی مرکز آذربایجان غربی)

سرد شدن دلمه و خروج بیشتر آب پنیر از داخل آن موجب کند شدن تولید اسید در داخل دلمه خواهد شد. اما اگر سرعت تولید اسید کمتر باشد، بلوک‌های دلمه در فاصله‌های زمانی بیشتری برگردانیده می‌شوند. در اوایل، بلوک‌ها به ارتفاع کمتری روی هم انباشته می‌شوند. حدود ۱۴۰-۱۰۰ دقیقه طول می‌کشد تا اسیدیتهٔ ۰/۷ درصد (pH برابر ۵/۳) حاصل گردد.

در پایان مرحلهٔ چدار کردن(چدارینگ) دلمه نسبتا خشک، ملایم، شیرین و ساختمانی شبیه گوشت "سینه مرغ" خواهد داشت (شکل ۱۵). در پایان این مرحله دلمه کاملا در جهت طولی به شکل رشته‌ای پاره می‌شود و عطر و مزهٔ کره‌ای تولید می‌کند.

شکل ۱۵- حالت سینه مرغی در دلمه در پایان مرحلهٔ چداری کردن یا چدارینگ (گرفته شده در آزمایشگاه صنایع غذایی مرکز آذربایجان غربی)

٤-۳-رنده کردن دلمه

منظور از رنده کردن، برش مکانیکی دلمه به قطعات کوچک است. هدف از آن افزایش سطح دلمه است تا موجب توزیع یکنواخت نمک در سطح دلمه شود و جدا شدن آب پنیر از دلمه نیز افزایش یابد. برای دستیابی به رطوبت و نمک یکنواخت، دلمه باید به قطعاتی برش داده شود با نسبت سطح به حجم بالا، تا به انتشار رطوبت و نمک کمک شود؛ زیرا ذرات بزرگ دلمه از تخلیهٔ مطلوب آب پنیر، پس از نمک زدن، جلوگیری می‌کنند. همچنین، ذرات بزرگ‌تر نسبت سطح به حجم کمتری دارند و برای رسیدن به مقدار نهایی نمک در ماده تر پنیر ، به نمک بیشتری نیاز خواهد بود. مقدار نمک بالاتر موجب از بین رفتن نمک در آب

پنیر نیز می شود. همچنین مدت زمان طولانی‌تری برای نفوذ نمک در دلمه نیاز است؛ از طرفی، موجب افزایش اسید در مرکز ذرات بزرگ دلمه می‌شود و ممکن است در پنیر نهایی به صورت لکه بروز کند. به همین دلایل، کنترل اندازهٔ قطعات دلمه مهم است.

دلمهٔ پنیر با دستگاه مربوط رنده می‌شود که در آن دلمه به قطعاتی مانند انگشت با سطح مقطع ۱ × ۱ سانتی‌متر تا ۲×۲ سانتی‌متر و طول ۶ سانتی‌متر یا بیشتر بریده می‌شود (شکل ۱۶).

شکل ١٦-رنده کردن دلمه (Anon, 2010)

۵-۳-نمک‌زنی

نمک نقش مهمی در کیفیت پنیر چدار دارد، این ماده pH نهایی پنیر را کنترل می‌کند. نمک رشد میکروارگانیسم‌ها، به ویژه باکتری‌های استارتر و گونه‌های نامطلوب مانند کلی‌فرم‌ها، استافیلوکوک‌ها و کلستریدیوم‌ها را کنترل می‌کند و موجب بهبود طعم و بافت کلی پنیر می‌شود. مقدار نمک پروتئولیز کازئین توسط پروتئینازهای کیموزین، پلاسمین و باکتری‌ها را کنترل می‌کند.

پروتئولیز و بروز تلخی و سایر طعم‌های نامطلوب، با افزایش غلظت نمک، کاهش می‌یابد.

در روش سنتی تهیهٔ پنیر چدار، تا براق شدن سطح قطعات رنده شده (مخلوطی از آب پنیر و چربی) ذرات دلمه رها می‌شود. در این مدت، مقدار رطوبت کافی در سطح دلمه فراهم می‌شود. سپس نمک اضافه می‌گردد. به این ترتیب کریستال‌های نمک بهتر حل می‌شوند که به جذب بیشتر نمک می‌انجامد. در این مدت اسیدیته نیز افزایش می‌یابد.

اما در روش مدرن تهیهٔ پنیر چدار، بلافاصله پس از رنده کردن به دلمه نمک اضافه می‌شود (شکل ۱۷) و برای افزایش جذب نمک و جریان آب پنیر ذرات آسیاب شده همزده می‌شوند. هر اندازه زمان همزدن طولانی‌تر باشد، مقدار جذب نمک نیز بیشتر خواهد بود. جذب نمک رویدادی است نسبتاً سریع که مدت آن برای جذب نمک توسط قطعات چدار بین ۱۵ تا ۳۰ دقیقه متفاوت است. مقدار نمک اضافه شده متغییر است و بین ۱ تا ۳ درصد وزنی وزنی است. در پنیر چدار، نمک به‌صورت پودر به دلمهٔ رنده شده اضافه می‌شود. دلمهٔ نمک‌زده شده باید به طور مرتب هم‌زده شود و تا دمای ۲۶–۲۵ درجه سانتی‌گراد سرد گردد. این کار موجب سفت شدن چربی قبل از فشردن خواهد شد و دفع چربی به داخل آب پنیر در هنگام فشردن نیز کم خواهد بود. بلورهای نمک روی سطوح مرطوب ذرات دلمهٔ رنده شده، حل می‌شود و محلول آب نمکی تشکیل خواهد شد. سپس، نمک از طریق فاز آبی در داخل ماتریس[1] دلمهٔ پنیر پخش می‌شود و موجب کاهش حجم دلمه شده و آب پنیر بیشتری آزاد می‌گردد. در نتیجه منجر به انحلال بیشتر نمک می‌شود.

[1].Matrix

شکل ۱۷-افزودن نمک خشک (Anon)

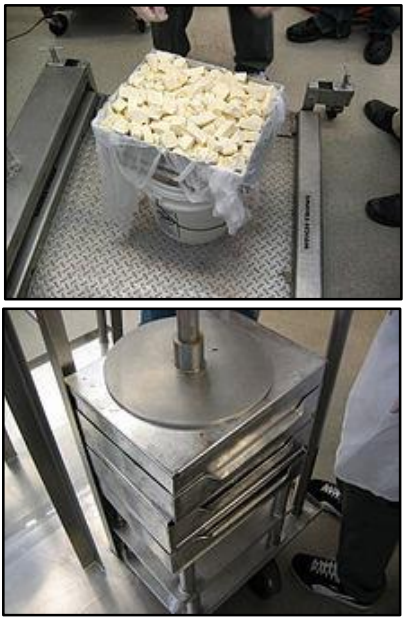
نسبت رطوبت دلمه و مقدار نمک اضافه شده، هر دو، بر سرعت حل شدن بلورهای نمکی تأثیر می‌گذارند. نمک زیاد موجود در سطوح ذرات دلمه آسیاب شده تمایل به همجوشی ذرات را کاهش می‌دهد. اندازهٔ بلورهای نمک مورد استفاده هم برای جذب نمک و هم برای کنترل رطوبت مهم است. پس از نمک زدن، برای حصول اطمینان از جذب نمک و تخلیهٔ آب پنیر باید دلمه مدت زمان کافی رها شود. برداشت سریع دلمهٔ پنیر پس از نمک زدن می‌تواند منجر به گرفتار شدن آب پنیر در دلمه و به تبع آن منجر به افزایش رطوبت بیش از حد در دلمه شود و رنگ پنیر نیز نامعمول گردد. در روش مکانیزه، زمان ذوب شدن ۲۰ تا ۴۰ دقیقه در نظر گرفته می‌شود که معمولاً برای جذب رضایت‌بخش نمک و جدا کردن آب پنیر کافی است. افزودن نمک به دلمهٔ پنیر بر قوام و استحکام پنیر تأثیر می‌گذارد (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).

pH دلمه روی جذب نمک تأثیر می‌گذارد؛ هر اندازهpH بالاتر باشد جذب نمک نیز بیشتر می‌شود و به تولید دلمه‌ای پلاستیکی‌تر می‌انجامد. استفاده از شرایط مطلوب برای جذب نمک، موجب کاهش نمک مورد نیاز و کاهش تلفات نمک می‌شود و بروز نقایصی مانند خشکی کاهش می‌یابد. pH تأثیر روشنی بر بافت پنیر چدار دارد. pH چدار سنتی حدود ۴/۹ است اما امروزه چدارهایی وجود دارند که pH آن حدود ۵/۳ است. هرچه pH بالاتر باشد، بافت پنیر نرم‌تر می‌شود.

٦-٣- پرس دلمه

پنیر چدار به طور سنتی به صورت قالب‌های استوانه‌ای بزرگ با وزنی در حدود ۳۰ کیلوگرم تولید می‌شد، اما امروزه در فرآیند صنعتی مدرن، به منظور ایجاد سهولت در کنترل محصول، پنیر به صورت قالب‌های مستطیلی شکل تولید می‌شود.

پس از نمک‌زنی و سرد کردن، قطعات بزرگ دلمه در داخل قالب‌های گرد، مکعب یا مکعب مستطیل پر می‌شوند و تحت فشار قرار می‌گیرند (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- پرس کردن (Anon, 2010)

مقدار فشار به کار برده شده بستگی به بزرگی قالب دارد، در قالب‌های ۱۸ کیلوگرمی میزان فشار از یک تن شروع می‌شود و به تدریج تا ۳ تن افزایش می‌یابد. در روش مداوم، مدت باقی ماندن در پرس حدود ۳۰ تا ۴۵ دقیقه کاهش می‌یابد. در روش غیر مداوم، پرس پنیر چدار به مدت یک شب طول می‌کشد. در پرس‌های تحت خلأ قالب‌های حدود ۲۲۵ تا ۳۰۰ کیلوگرمی تولید می‌شود. متعاقباً، در مراحل بعدی می‌توان آن‌ها را به بلوک‌های ۲۰ کیلوگرمی تقسیم کرد. در روش‌های مدرن می‌توان در ساعت حدود ۷۰۰ کیلوگرم پنیر پرس کرد که بعداً در قالب‌های ۲۰ کیلوگرمی تقسیم می‌شود.

۷-۳-پیشنهادهای کاربردی

چدار کردن(چدارینگ) یکی از مراحل منحصر به فرد در تهیهٔ پنیر چدار است که در آن دلمه ساختمانی شبیه گوشت "سینه مرغ" پیدا می‌کند. تولید اسید به‌هنگام چدار کردن (چدارینگ) بااهمیت است زیرا رطوبت نهایی و بافت پنیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زمانی که قطعات دلمه هنوز داغ است باید فرایند چدار کردن (چدارینگ) شروع و زمانی تکمیل شود که تکه‌های دلمه به توده‌ای تبدیل شوند.

فصل چهارم
بسته‌بندی و پوشش‌دهی

٤-١-مقدمه

هنگام رسیدن و نگهداری، کیفیت پنیر چدار ممکن است به‌واسطهٔ شاخص‌های نامطلوبی از جمله میکروارگانیسم‌ها، حرارت، اکسیژن، نور و فعالیت آنزیمی تحت تاثیر قرار گیرد. این تغییرات سبب افت کیفیت محصول و تشکیل ترکیبات مولد عطر و طعم نامطلوب می‌شود و در نتیجه بازار پسندی محصول کاهش می‌یابد. همچنین ممکن است این تغییرات سبب افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های ناشی از مواد غذایی گردد. بنابراین روش‌های نگهداری موثر باید در دورهٔ نگهداری پنیر چدار به‌کار برده شوند. روش‌های مورد استفاده در این خصوص بسته‌بندی و پوشش‌دهی پنیر است (زمردی، ١٣٩٩).

٤-٢-بسته‌بندی در خلأ

پس از خارج کردن قالب‌های پنیر از پرس، پنیر در خلأ بسته‌بندی می‌شود (شکل ١٩). بسته بندی در خلأ شامل حذف هوا از داخل بسته با آب بندی محصول در یک فیلم انعطاف ناپذیر با نفوذپذیری کم اکسیژن است. هدف اصلی از بسته‌بندی در خلأ تخلیهٔ بسته از اکسیژن و پیشگیری از رشد میکروب‌های هوازی، پیشگیری از کاهش وزن با کنترل تبخیر، محافظت در برابر آلودگی، حفظ رنگ، بهبود ویژگی‌های پنیر و افزایش زمان ماندگاری آن است.

شکل ۱۹-بسته‌بندی قالب‌های پنیر چدار در خلأ (Anon)

۳-٤-پوشش‌دهی پنیر با پارافین

پنیر چدار را در دورهٔ رسیدن با لایه‌ای از مواد مومی یا پارافینی می‌پوشانند. این موم‌ها دارای انواع مختلفی هستند با نقطه ذوب‌های متفاوت از ۴۹ تا ۸۲ درجه سانتی‌گراد برای استفاده در نقاط معتدل و گرمسیر. استفاده از موم بدین ترتیب است که قالب‌های پنیر را در حمام موم مذاب در ۱۴۰-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد فرو می‌برند و مدت ۳۰ ثانیه نگه می‌دارند و سپس آن را به‌سرعت سرد می‌کنند (شکل ۲۰). ممکن است پوشش به صورت دولایه صورت گیرد

(زمـــردی، ۱۳۹۹). پنیرهـــای پارافینـــه کمتـــر از پنیرهـــای بـــدون پوشـــش چـــروک می‌شوند.

شکل ۲۰- پوشش‌دهی پنیر چدار با پارافین (اینترنت)

در بسیاری از مـوارد، از دو نـوع پوشـش مختلـف اسـتفاده مـی‌شـود. ابتـدا پـارافین به‌عنوان اولین پوشـش و سـپس مـوم پتـرولیم میکروکریسـتالین[1] بـه‌عنـوان پوشـش دوم به‌کار برده مـی‌شـود. پوشـش دو لایـه از تـرک برداشـتن لایـهٔ اول جلـوگیری مـی‌کنـد. گـاهی نیـز از پوشـش یـک لایـه مخلـوطی از ۶۰ درصـد مـوم و ۴۰ درصـد وازلـین استفاده می‌شـود کـه ایـن کـار موجـب ایجـاد خاصـیت الاسـتیکی در مـواد بسـته‌بنـدی می‌گردد. در ایـن صـورت رسـیدن پنیـر در شـرایط بـی‌هـوازی در داخـل بسـته صـورت می‌گیرد. با این کـار مـی‌تـوان بـه‌خصـوص از حملـهٔ کـرم پنیـر کـه در گذشـته موجـب اتلاف حداقل ۱۵ درصـد از پنیرهـا مـی‌شـد، جلـوگیری کـرد (مکـس‌وینـی و همکـاران، ۲۰۱۷).

[1].Microcrystalline

٤-٤-استفاده از پوشش‌های خوراکی

پوشش‌های تجاری مورد استفاده برای پنیر چدار از نوع غیر خوراکی هستند، این نوع پوشش‌ها به‌دلیل ایجاد آلودگی زیست محیطی و نیز ایجاد آلرژی در برخی از مصرف‌کنندگان مطلوب نیستند. نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف این مواد سبب شده تادر سال‌های اخیر فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر به‌کار برده شوند، این فیلم‌ها خوراکی و زیست‌تخریب‌پذیرند. این پوشش‌ها از تبادلات گازی و رطوبتی بین پنیر و محیط اطراف جلوگیری می‌کنند و سبب حفظ کیفیت میکروبی، فیزیکی و حسی محصول می‌شوند. مواد زیست تخریب پذیر برای پوشش‌دهی انواع پنیر شامل کیتوزان[1]، آلژینات[2]، کاراگینان[3] و ژلان[4]، زانتان[5] و موسیلاژ دانهٔ کتان[6]، موسیلاژ دانهٔ ریحان[7]، ایزولهٔ پروتئین آب پنیر[8] و ایزولهٔ پروتئین سویا[9] هستند. در این بین، استفاده از صمغ زانتان با غلظت ۰/۵ درصد، موسیلاژ دانهٔ کتان و موسیلاژ دانهٔ ریحان با غلظت ۱ درصد در پوشش‌دهی پنیر چدار به روش برس زنی پیشنهاد می‌شود (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۸ و پورمولایی و همکاران، ۱۳۹۹، خیرخواه و همکاران، ۱۴۰۰).

به‌منظور تهیهٔ محلول‌های پوشش، بسته به غلظت آن، مقدار لازم از مواد پوششی در آب با حرارت دادن در حمام آبی در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد همراه

1.Chitosan
2.Alginate
3.Carrageenan
4.Gellan
5.Xanthan
6.Flaxseed mucilage
7.Basil seed mucilage
8.Whey protein isolate
9.Soy protein isolate

با هم‌زدن کاملاً حل می‌شود. در ادامه، ۴۰ درصد وزنی/وزنی مواد پوششی، گلیسرول به عنوان نرم کننده به مخلوط اضافه و مدت ۶۰ ثانیه دیگر هم‌زده می‌شود (زمردی، ۱۳۹۹).

محلول‌های پوشش تهیه شده به صورت دو لایه به ملایمت با استفاده از برس روی قطعات پنیر پوشش داده می‌شود (شکل ۲۱). بدین منظور اولین لایه از محلول‌های پوشش‌دهنده روی سطح نمونه‌های پنیر با برس اضافه و به مدت یک ساعت خشک می‌شود. پس از آن دومین لایه نیز برس‌زده می‌شود و پنیرها به مدت ۴ ساعت در دمای ۲۴ درجه‌سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد خشک می‌شوند (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۸ و پورمولایی و همکاران، ۱۳۹۹، خیرخواه و همکاران، ۱۴۰۰).

شکل ۲۱-پوشش‌دهی پنیر چدار با پوشش‌های خوراکی به روش برس زدن (گرفته شده در آزمایشگاه صنایع غذایی مرکز آذربایجان غربی)

٥-٤-استفاده از نانو پوشش‌های خوراکی

فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر به دلیل مشکلاتی مانند شکننده بودن و ممانعت ضعیف در برابر تبادل گازی، کاربردهای محدودی دارند. برای غلبه بر این مشکل می‌توان از نانوکامپوزیت‌ها استفاده کرد. نانوبیوکامپوزیت‌ها علاوه بر داشتن ترکیبی با ابعاد نانو، دارای ترکیبات بیوزیستی نیز هستند که زیست-تخریب‌پذیرند و در محیط به‌وسیلهٔ موجودات تجزیه‌کننده به ریزواحدهای خود تبدیل می‌شوند. نانو کامپوزیت‌های پلیمری در بردارنده نانوذرات فلزی و اکسید فلزی، به‌دلیل خواص بهینهٔ آنها (مقاومت در برابر عبورگاز، انعطاف پذیری، خواص ضدباکتریایی و خواص ضدمیکروبی) به صورت گسترده‌ای رشد یافته‌اند. از پرکاربردترین نانوذرات فلزی مورد استفاده در تهیهٔ پوشش‌ها و فیلم‌های ضد میکروبی، نانوذرات اکسید روی است. نانوذرات اکسید روی از غنی‌ترین مواد نانوساختاری است که زیست‌سازگار و ایمن هستند و می‌توانند در کاربردهای پزشکی به‌راحتی استفاده شوند. نانو ذرات اکسید روی به‌علت خواص فیزیکی و شیمیایی پایدار، غیرسمی و ارزان بودن، به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند. این موضوع سبب شده تا این مواد، که در مقایسه با نانو نقره ویژگی‌های غیرسمی و ظاهری سفید دارند، برای بهبود خواص پلیمرهای مورد استفاده در بسته‌بندی پنیر مورد توجه قرار گیرند (زمردی، ١٣٩٩، خیرخواه و همکاران، ١۴٠٠).

مقدار نانو اکسید روی مورد استفاده در پوشش‌دهی پنیر چدار در حدود ٠/٢٥ تا ٠/٥ درصد پیشنهاد می‌شود. برای تهیه فیلم‌های بیونانوکامپوزیت، ابتدا مقدار لازم از نانوذرات در مقداری از محلول اسید استیک ١ درصد حل می‌شود. این محلول به محلول حاوی صمغ یا موسیلاژ اضافه و در حمام آبی در دمای ٧٥

درجه سانتی‌گراد همراه با همزدن حرارت داده می‌شود تا محلول یکنواختی به‌دست آید. برای خروج حباب‌های هوا و تولید فیلم یکنواخت، ژل تا دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود و در ادامه، ۴۰ درصد وزنی/وزنی صمغ، گلیسرول به عنوان نرم کننده به مخلوط اضافه و به مدت ۶۰ ثانیه هم‌زده خواهد شد (خیرخواه و همکاران، ۱۴۰۰). همانگونه که در بند ۴-۴ ذکر شد، محلول‌های نانوپوشش تهیه شده با استفاده از برس، به صورت دولایه با ملایمت روی قطعات پنیر پوشش داده می‌شود (شکل ۲۲).

شکل ۲۲-پوشش‌دهی پنیر چدار با محلول نانوپوشش‌های خوراکی به روش برس زدن (گرفته شده در آزمایشگاه صنایع غذایی مرکز آذربایجان غربی)

٦-٤-پیشنهادهای کاربردی

کیفیت پنیر چدار در دورهٔ نگهداری ممکن است به‌واسطهٔ عوامل فسادزا تحت تاثیر قرار گیرد و موجب تشکیل ترکیبات نامطلوب گردد. بنابراین، تکنیک‌های نگهداری موثر باید به‌هنگام نگهداری پنیر چدار به‌کار برده شوند.

فصل پنجم

رسیدن پنیر

۱-۵-مقدمه

رسانیدن پنیر چدار عبارت از نگهداری آن به‌مدت ۳ تا ۱۵ ماه (بسته به ذائقه مصرف کنندگان) در دمای پایین است. در این مرحله، خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و باکتریایی پنیر تغییر می‌یابد و موجب ایجاد طعم، مزه، بافت و ساختار مشخص می‌گردد. دو روش سرد و گرم در رسیدن پنیر چدار استفاده می‌شود که شرایط آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود (خسروشاهی، ۱۹۸۸).

جدول ۳ –روش‌های رسانیدن پنیر چدار

شرایط رسانیدن	رسانیدن سرد	رسانیدن گرم
دما (°C)	۴-۰ (متوسط ۱/۵)	۱۶-۱۰ (متوسط ۱۲/۵)
رطوبت نسبی (٪)	۷۵	۸۵
زمان رسیدن (ماه)	۱۲-۳	۲ -۰/۵
کیفیت پنیر رسیده	طعم ملایم، معایب باکتریایی در حداقل	طعم تند، معایب باکتریایی در حداکثر

توجه: بلافاصله بعد از رسیدن پنیر برای جلوگیری از رسیدن بیش از حد باید آن را در ۰/۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری کرد.

رسیدن پنیر در دماهای بالاتر تشدید می‌شود و در دماهای پایین، زمان رسیدن طولانی‌تری خواهد بود. رطوبت نسبی پایین نیز موجب خشک شدن سطح پنیر می‌شود (شکل ۲۳).

شکل ۲۳- محل رساندن پنیر چدار (اینترنت)

پنیر در ابتدای رسیدن به عنوان یک منبع کازئین دست نخورده برای پنیرهای فرآوری شده استفاده می‌شود که دارای حداقل طعم و تغییرات بافت است.

طعم پنیر چدار در دورهٔ رسیدن پنیر ایجاد می‌شود، از این رو طعم آن به زمان رسیدن بستگی دارد. پنیر چدار با زمان رسیدن کوتاه طعم خامه‌ای ملایم دارد در حالی که پنیر چدار کاملا رسیده دارای طعم تندتر است.

از عوامل موثر در رسیدن پنیر می‌توان به این موارد اشاره کرد: مایه پنیر باقی‌مانده در پنیر، باکتری‌های استارتر و آنزیم‌های آن‌ها، میکروفلور ثانوی و آنزیم‌های آن‌ها و آنزیم‌های طبیعی شیر مخصوصا پروتئازها و لیپازها (بخصوص در تهیه پنیر از شیر خام).

سهم رسیدن پنیر در مراحل اولیه به‌مراتب بیشتر است تا در مراحل بعدی. در ۳۰ روز اول رسیدگی، بیشترین تغییرات در خصوصیات پنیر چدار رخ می‌دهد، زیرا سختی پنیر افزایش و کشش آن کاهش پیدا می‌کند. هر قدر رطوبت پنیر بیشتر، اندازهٔ قالب پنیرها بزرگ‌تر و مقدارنمک آنها کمتر باشد، زمان رسیدن کمتر خواهد بود. با کاهش اندازهٔ قالب‌ها کیفیت پنیر چدار کاهش و طعم‌های خارجی در آن افزایش می‌یابد. قسمت اعظم ترکیبات موثر در عطر و طعم پنیر چدار در دورهٔ واکنش‌های بیوشیمیایی متعدد طی رسیدن تولید می‌شود.

۲-۵-تغییرات ایجاد شده در حین رسیدن

مهم‌ترین تغییرات بیوشیمیایی که در حین رسیدن اتفاق می‌افتد، گلیکولیز، لیپولیز و پروتئولیز است. این تغییرات با تعدادی از تغییرات کاتابولیک[1] ثانوی از جمله آمیناسیون، دکربوکسیلاسیون، دسولفوریزاسیون و بعضی تغییرات سنتتیکی نظیر استریفیکاسیون[2] همراه است.

۱-۲-۵-گلیکولیز[3]

[1].Catabolic
[2].Esterification
[3].Glycolysis

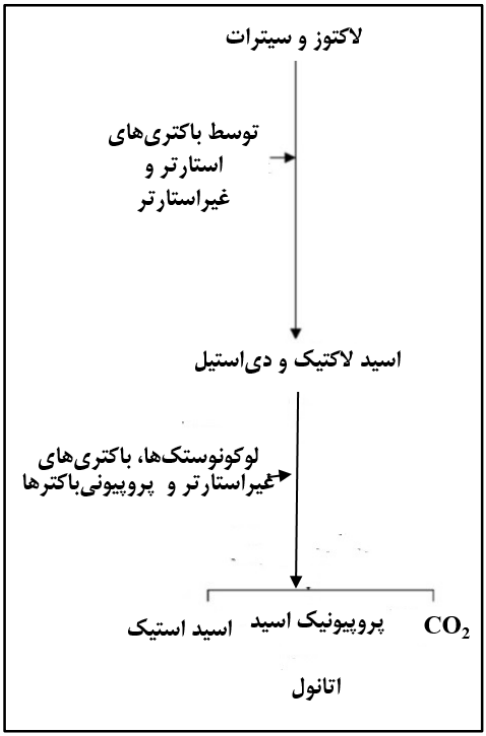
اولین فرایند بیوشیمیایی که در دورهٔ رسیدن پنیر چدار رخ می‌دهد گلیکولیز است. گلیکولیز در طعم پنیر موثر است. تقریباً ۹۸ درصد لاکتوز یا لاکتات وارد آب پنیر می‌شود، با این حال پنیرهای تهیه شده باز هم دارای ۱/۵ تا ۰/۸ درصد لاکتوز هستند. درشرایط معمولی، این لاکتوز باید سریعا متابولیز شود که عمدتاً بر اثر فعالیت استارتر به لاکتات تبدیل می‌گردد. تغییرات این گونه است که ابتدا لاکتوز به اسید لاکتیک و مقدار کمی اسید استیک و اسید پروپیونیک و CO_2 تبدیل می‌شود. این تغییرات طی چند روز اول در پنیرها اتفاق می‌افتد (شکل ۲۴).

پنیر در روزهای سوم و چهارم بعد از پرس دارای پایین‌ترین مقدار pH است و در پنیر چدار معمولاً بین ۵/۰۵ تا ۵/۱۰ است که سپس به آرامی و با شیب ثابت در حین رسیدن مطابق جدول ۴ افزایش پیدا می‌کند.

در قسمت دوم رسیدن، اسید لاکتیک تولیدی بوسیله باکتری‌ها مصرف و تجزیه مواد نیتروژنی (پروتئولیز) شروع می‌شود (شکل ۲۴).

جدول ٤ –pH پنیر چدار در ارتباط با سن آن

سن پنیر	pH
۳ روز	۵/۰۵
۷ روز	۵/۰۶
۴۹ روز	۵/۱۳
۹ ماه	۵/۳۲
۲٤ ماه	**۵/۵۸**



شکل ٢٤ –گلیکولیز به‌هنگام رسیدن پنیر چدار (مرتضی و همکاران، ٢٠١٤).

٢-٢-٥- پروتئولیز[1]

پروتئولیز پیچیده‌ترین و با اهمیت‌ترین رویداد بیوشیمیایی در دورهٔ رسیدن پنیر چدار است که در بروز ویژگی‌های مختلف در پنیر رسیده موثر است.

پروتئولیز در پنیر به‌هنگام رسیدن به‌واسطهٔ پروتئینازها و پپتیدازهای مختلف کاتالیز می‌شود که منابع اصلی آنها آنزیم‌های شیر (عمدتا پلاسمین)، مایه پنیر

[1].Proteolysis

(رنت، پپسین و کیموزین)، باکتری‌های اسید لاکتیک آغازگر، باکتری‌های اسید لاکتیک غیرآغازگر، آغازگرهای ثانویه و پروتئینازها و پپتیدازهای خارجی هستند.

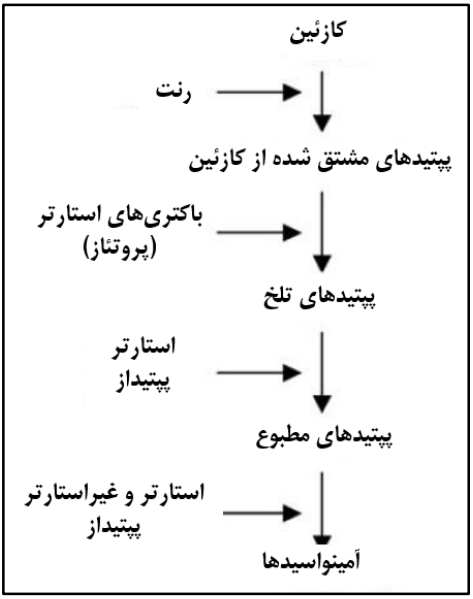
پروتئولیز کازئین نقطه شروع مهمترین رویدادهای رسیدن بیوشیمیایی در چدار است که موجب ایجاد تغییرات اساسی در بافت و ایجاد عطر و طعم می‌شود. هیدرولیز شبکهٔ کازئین، به طور خاص α_{S1} کازئین، توسط منعقد کننده، مسئول تغییرات اولیه در ساختار ماتریس انعقادی است. تغییرات بافتی (نرم شدن دلمه) با پروتئولیز در ارتباط است.

الگو و شدت پروتئولیز به میزان قابل توجهی ناشی از متفاوت بودن مقدار رطوبت، دما، pH، طول دورهٔ رسیدن، دمای پخت، میزان pH در هنگام آبگیری، فعالیت میکروفلور ثانویه پروتئولیز کننده و نیز به طور عمده حاصل از تاثیر کیموزین و به میزان کمتری پلاسمین است.

در هنگام پروتئولیز، در اثر هیدرولیز و شکستن شبکهٔ پروتئینی و هیدرولیز پیوندهای پپتیدی، گروه‌های جدید هیدروکسیلی و آمینی آزاد می‌شوند که موجب بهبود بافت پنیر می‌گردد. این گروه‌ها در پنیر به‌صورت یونیزه هستند و در نتیجه آب جذب می‌کنند. به‌علاوه به‌طور غیرمستقیم از طریق آزاد شدن آمونیاک از اسیدهای آمینه تولید شده در اثر پروتئولیز موجب افزایش pH می‌گردد. همچنین، در اثر تولید پپتیدهای کوچک و اسیدهای آمینه که برخی از آنها معطر هستند و نیز تسهیل آزاد شدن ترکیبات فرار از شبکه پنیر به‌هنگام جویدن غذا موجب ایجاد طعم مطلوب و احتمالا طعم نامطلوب در پنیر می‌شود.

طعم پنیر چدار ویژگی حسی بسیار پیچیده و مهمی است. تعادل مناسب ترکیبات فرار در کیفیت آن بااهمیت است. پروتئولیز از طریق تولید پپتیدها، اسیدهای آمینهٔ آزاد و ترکیبات معطر در طعم پنیر موثر است (شکل ۲۵). پپتیدهای درشت مستقیماً در تولید طعم تاثیری ندارند ولی در ایجاد بافت مناسب

سهیم هستند. از سوی دیگر، پپتیدهای درشت به پپتیدهای کوچک‌تر شکسته می شوند که ممکن است طعم‌زا نیز باشند. پپتیدهایی با اندازهٔ متوسط و کوچک در طعم پایهٔ پنیر چدار سهیم هستند. از بین بسیاری از ترکیبات شیمیایی تولید شده، دی متیل سولفید[1]، متیون[2]، دی متیل تری سولفید[3] و ۳-متیل بوتانال[4]، از اسیدهای آمینه سرچشمه می‌گیرند (مرتضی و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۲۵- پروتئولیز در هنگام رسیدن پنیر چدار (مرتضی و همکاران، ۲۰۱٤)

[1].Dimethyl Sulfide
[2].Methionine
[3].Dimethyl trisulfide
[4].3-methyl butanal

ترکیبات گوگردی نیز در ایجاد عطر و طعم چدار مهم هستند. برای مثال، پنیر رسیدهٔ دارای طعم مطلوب‌تر، گوشتی‌تر و چرب‌تر ، غلظت بالایی از متیونال[1] دارد. پنیر با مقدار نمک پایین‌تر، دارای پروتئولیز بالاتری است و به همین ترتیب نسبت به پنیر دارای نمک زیاد از نظر بافت نیز نرم‌تر است.

مقدار اکسیژن کم و اکسیداسیون پایین‌تر پیش نیازهای لازم برای توسعهٔ طعم مطلوب چدار است. برخی از اسیدهای آمینه مانند فنیل آلانین و اسیدهای آمینه زنجیره‌ای شاخه‌دار، محصولاتی با تخریب استرکر[2] تولید می‌کنند که بیشتر آنها موجب ایجاد عطر و طعم ناخوشایند در چدار می‌شوند. پروتئولیز همچنین به تغییرات بافت کمک می‌کند، زیرا شبکهٔ مولکول‌های کازئین بر اثر منعقد کننده‌های باقی‌مانده شکسته می‌شود.

۳-۲-۵- لیپولیز[3]

لیپولیز فرایند بیوشیمیایی مهم دیگری است که در دورهٔ رسیدن پنیر چدار رخ می‌دهد. ثابت شده است که چربی شیر برای بهبود طعم مطلوب پنیر به‌هنگام رسیدن ضروری است.

عوامل لیپولیتیکی[4] در پنیر آنزیم‌های لیپولیتیک موجود در شیر طبیعی (لیپاز شیر)، رنت و میکروفلور شیر هستند. فعالیت لیپاز شیر بسته به دمای شیر پنیرسازی در حین پاستوریزاسیون کاهش پیدا می‌کند. فعالیت لیپولیتیک رنت نیز

1. Methanol
2. Starker
3. Lipolysis
4. Lipolytic

بستگی به نوع رنت مصرفی دارد. میکروفلور شیر نیز شامل سیستم استراز/لیپاز باکتری‌های اسید لاکتیک و پروپیونیک، مخمرها و کپک‌ها است.

لیپولیز در پنیر بستگی به عوامل لیپولیتیک دارد که موجب شکستن تری‌گلیسیریدها و تولید اسیدهای چرب آزاد، مونو و دی گلیسیریدها می‌شوند. اسیدهای چرب آزاد به خصوص با مولکول‌های کوچک به‌طور مستقیم در طعم پنیر دخالت دارند. لیپولیزِ بیش از حد نامطلوب تلقی می‌شود (شکل ۲۶).

هنگامی که مقدار چربی در مادهٔ خشک بیشتر از ۵۰ درصد باشد، به طور معمول طعم مشخص چدار در پنیر ایجاد می‌شود، در حالی که پنیر با مقدار چربی در ماده خشک کمتر از ۵۰ درصد به طور معمول فاقد این عطر و طعم است. تصور می‌شود که این تفاوت به دلیل غلظت کمتر اسیدهای چرب موجود در محصولات کم چرب و افزایش استات رخ می‌دهد. میزان لیپولیز محاسبه شده طی زمان بین ۰/۵ و ۱/۶ درصد در پنیر چدار با کیفیت خوب متفاوت است. تعدادی از اسیدهای چرب، کتون، متیل‌کتون، استرها و لاکتون‌ها در چدار احتمالاً از چربی شیر سرچشمه می‌گیرند.

شکل ۲۶- لیپولیز به‌هنگام رسیدن پنیر چدار (مرتضی و همکاران، ۲۰۱٤)

غلظت برخی از این ترکیبات در حدی است که می‌توانند بر عطر و طعم تأثیر گذارند، اما برخی دیگر فقط به پس طعم کمک می‌کنند (مرتضی و همکاران، ۲۰۱۴).

٤-۲-۵- سایر موارد

پنیر تازه دارای طعم و مزهٔ اسیدی ملایم است. در اثر رسیدن، مخلوطی از مواد عطری و طعم‌دهنده مختلف مانندی‌استیل در پنیر ملایم، مقداری کمی بوی اسید بوتیریک و اسید کاپروئیک، استر اسید الکل، نمک‌های اسید پروپیونیک و اسید استیک در پنیرهای کاملا رسیده، و بوهای تند، آمونیاک و بعضی مواقع SH_2 در پنیرهای خیلی رسیده احساس می‌شود. همچنین در اثر رسیدن، به‌علت کاهش مقداری از آب پنیر، بافت آن سخت می‌شود. تغییر تدریجی بافت

لاستیکی پنیر تازه به بدنهٔ نرم و مومی شکل در پنیر رسیده صورت می‌گیرد. همچنین، در اثنای رسانیدن و نگهداری ممکن است وزن پنیر کاهش یابد. کاهش مختصر، طبیعی است. اما باید از چروک شدن بیش از حد پنیر جلوگیری کرد. چروک‌شدگی مربوط به کاهش رطوبت است. هر اندازه دمای رسانیدن و نگهداری پنیر بالاتر و رطوبت پنیر بیشتر باشد چروکیدگی بیشتر و هر اندازه رطوبت نسبی اتاق رسانیدن و نگهداری پنیر کمتر و اندازه، قالب‌های پنیر بزرگ-تر باشد چروکیدگی کمتر خواهد بود. پوشش دادن پنیر با پارافین و پوشش‌های خوراکی نیز موجب کاهش چروکیدگی می‌شود (مکس‌وینی و همکاران، ۲۰۱۷).

۳-۵-پیشنهادهای کاربردی

یکی از مهم‌ترین فرایندهای تولید پنیر چدار، رسیدن است. در واقع در دورهٔ رسیدن، لختهٔ حاصل به محصولی با عطر و طعم و بافت مناسب تبدیل می‌شود، و به از بین بردن عوامل بیماری‌زا کمک می‌کند. در دورهٔ رسیدن، تنظیم حرارت و رطوبت نسبی محل نگهداری پنیر چدار بسیار مهم است زیرا بر رشد میکروارگانیسم‌ها و نیز واکنش‌های بیوشیمیایی لخته موثر است.

فصل ششم

نظام HACCP در پنیر چدار

۱-٦-مقدمه

تجزیه و تحلیل خطر و نقطهٔ کنترل بحرانی[1] (HACCP) برای کاهش ریسک سلامت مصرف کنندهٔ مواد غذایی است. HACCP در واقع نوعی روش نظام‌مند بررسی مواد اولیه، فرآیند، فرآورده‌های نهایی، شرایط جابه‌جایی و نگهداری، بسته بندی و توزیع مواد غذایی است و این امکان را می‌دهد تا نقاط حساس و خطرآفرین خط تولید شناسایی و با دقت بیشتری کنترل شوند. نقاطی از زنجیرهٔ تولید مواد غذایی را نقاط بحرانی (CP) گویندکه در آن می‌توان خطرهای فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی را کنترل کرد یا به عبارت بهتر نقاط کنترل بحرانی (CCP) نقاطی از زنجیره تولید مواد غذایی هستند که در آن می‌توان برای جلوگیری یا از بین بردن خطر ایمنی مواد غذایی یا کاهش آن به سطح قابل قبول، کنترل اعمال کرد. این نقاط را از آن جهت نقاط کنترل بحرانی گویند که ضروری است در آنجا حتما بحران کنترل شود و صرفا شناسایی و معرفی این نقاط کافی نیست. کنترل نشدن این نقاط می‌تواند به ایمن‌نبودن مصرف ماده غذایی بینجامد. این نقاط ممکن است در مرحلهٔ تأمین مواد اولیه، آماده سازی آنها، فرمولاسیون، فرآوری، بسته بندی، نگهداری و مصرف باشد (ون اشتورست و کلیس، ۱۹۹۴). بدیهی است تعیین نقاط در سیستم HACCP در خط تولید کار مشکلی نیست. مشکل اصلی چگونگی پیشگیری از به‌مخاطره‌افتادن سلامت مصرف کننده در این نقاط است.

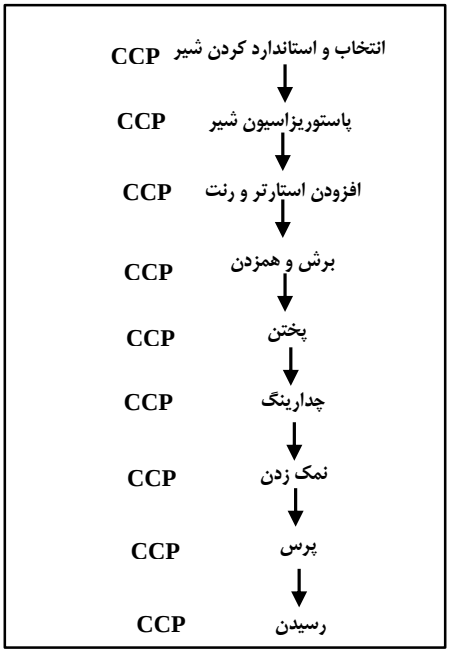
1.Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP)

۲-٦-شناسایی نقاط کنترل بحرانی در فرایند تولید پنیر چدار (CCP)

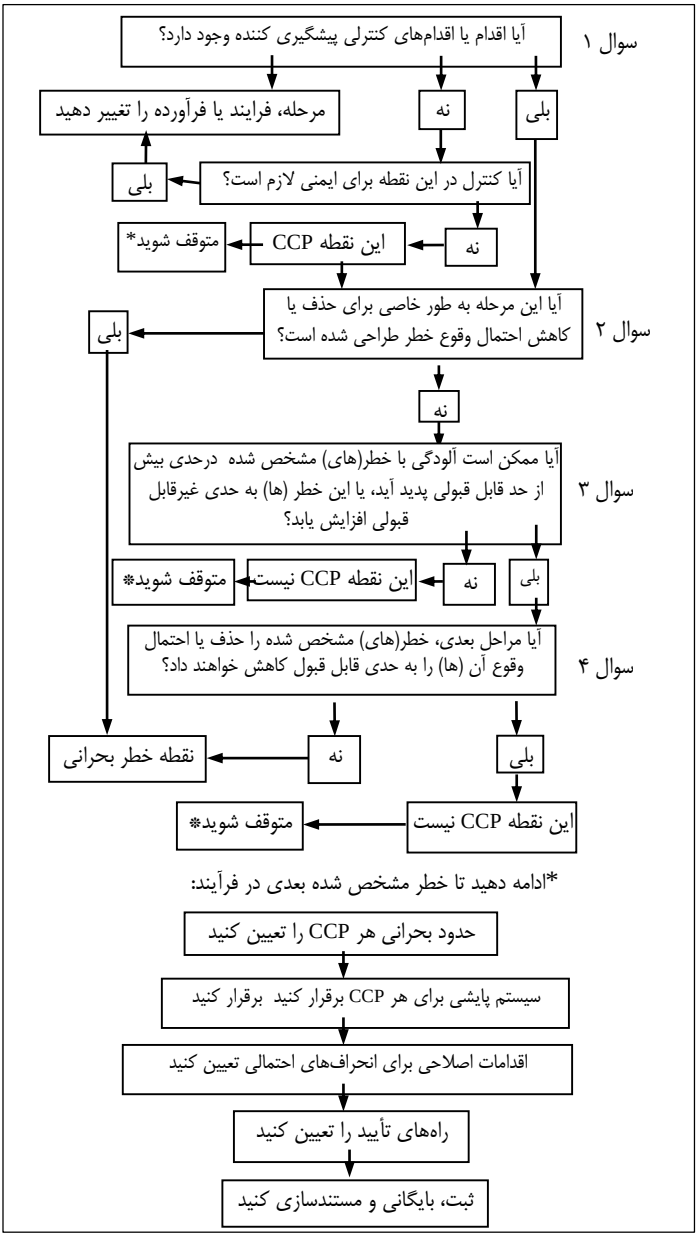
در شکل ۲۷ نقاط کنترل بحرانی در فرایند تولید پنیر چدار آورده شده که بر اساس درخت تصمیم‌گیری انتخاب شده است (شکل ۲۸).

۱-۲-٦-*انتخاب و استاندارد کردن شیر*

شیرخام مورد استفاده برای تهیهٔ پنیر چدار باید کیفیت بالایی داشته باشد. اسیدیتهٔ شیر باید کمتر از ۰/۲۳ درصد و pH آن بالاتر از ۶/۶ باشد. همچنین باید نسبت کازئین به چربی شیر بین ۰/۶۷ و ۰/۷۲ استاندارد شود.



شکل ۲۷-نقاط کنترل بحرانی در فرایند تولید پنیر چدار (ساندرو و آروانیتویانیس، ۲۰۰۰)



شکل ۲۸- نمونه‌ای از یک درخت تصمیم‌گیری برای مشخص کردن نقاط کنترل بحرانی (ساندرو و آروانیتویانیس، ۲۰۰۰)

۲-۲-۶-مرحلهٔ پاستوریزاسیون

این مرحله یک CCP است. باید دما و زمان پاستوریزاسیون به دقت کنترل شوند زیرا دما و شدت آن بر نوع و میزان فلور باکتریایی شیر، فعالیت آنزیمی، فعالیت لیپاز، تمایل به نشان دادن آب اندازی و دناتوره شدن پروتئین‌های سرم در پنیر موثر است (ناصر و همکاران، ۲۰۱۵).

خطر اصلی ناکافی بودن دمای پاستوریزاسیون است که پاتوژن‌ها و عوامل فسادزا می‌توانند از بین نروند در نتیجه ممکن است موجب فساد پنیر شوند یا برای مصرف کنندگان مضر باشد.

همچنین اگر دمای پاستوزیزاسیون بیش از حد بالا باشد، بر کیفیت محصول تأثیر منفی می‌گذارد که پیش‌تر بحث شد.

برای تولید پنیر چدار، شیر خام در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه یا دردمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه پاستوریزه می‌شود (زمردی، ۱۳۹۹).

۳-۲-۶-افزودن استارتر و فرآیند انعقاد دلمه

در این مرحله، مقدار و نوع استارتر و رنت یک CCP است. زمان تشکیل دلمه به دلایل اقتصادی باید تا حد ممکن کوتاه باشد و این امر به تولید سریع اسید نیاز دارد. بنابراین به استارترهایی نیاز خواهد بودکه بتوانند سریع رشد کنند، به‌سرعت اسید تولید نمایند و در برابر باکتریوفاژها مقاوم باشند. یافتن چنین استارتری دشوار است. به همین دلیل، از مخلوط استارترها استفاده می‌شود. مقدار استارتر مورد نیاز برای تهیهٔ پنیر چدار در حدود ۲ درصد شیر و مقدار رنت ۲۰ تا ۲۵ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم شیر است. بنابراین در تولید پنیر چدار باید مقدار و نوع استارتر و رنت به دقت کنترل گردد (ناصر و همکاران، ۲۰۱۵).

استارتر نقش مهمی در تولید چدار دارد زیرا اسید کافی تولید می‌کند، از رشد عوامل بیماری‌زا جلوگیری می‌کند و بافت، قوام و طعم پنیر را بهبود می‌بخشد. در حین تولید پنیر چدار، pH، اسیدیته، مقدار رطوبت و قوام محصول باید به طور مداوم کنترل شود تا از روند صحیح تمام مراحل اطمینان حاصل شود. تجهیزات مورد استفاده باید به خوبی نگهداری و ضد عفونی شوند تا از آسیب و آلودگی دلمه جلوگیری شود (ساندرو و آروانیتویانیس، ۲۰۰۰).

٤-٢-٦- مراحل برش و هم زدن

این مراحل می‌توانند CCP باشد زیرا میزان رطوبت پنیر چدار تحت تأثیر اندازه دلمه برش شده و شدت هم زدن قرار دارد. بدین لحاظ این پارامترها باید به طور دقیق کنترل شوند (ناصر و همکاران، ۲۰۱۵).

٥-٢-٦- مرحلهٔ پختن

این مرحله نیز یک CCP است، زیرا میزان رطوبت پنیر چدار تحت تأثیر دما و زمان پختن قرار دارد. ازاین رو، این پارامتر باید به طور دقیق کنترل شود (ناصر و همکاران، ۲۰۱۵). پختن موجب چروکیدگی دلمه و منتج به خروج آب پنیر می‌شود. زمانی که اسیدیتهٔ آب پنیر به ۰/۱۴ تا ۰/۱۶ درصد و مقدار pH به ۶/۱- ۶/۰ رسید باید پخت پایان یابد. تخلیهٔ آب پنیر و خارج کردن دلمه باید در زمان و دمای مناسب و به‌دست پرسنل مجرب صورت گیرد (وارنام و ساترلند، ۱۹۹۶).

۶-۲-۶-چدارینگ

چدارینگ یکی از مراحل منحصر به فرد در تهیهٔ پنیر چدار است که در آن بلوک‌های دلمه روی هم انباشته می‌شوند تا رطوبت آن خارج و بافت مورد نظر ایجاد شود. در پایان مرحلهٔ چدارینگ دلمه ساختمانی شبیه گوشت "سینه مرغ" خواهد داشت (مایر، ۲۰۱۳). تولید اسید در هنگام چدارینگ اهمیت بالایی دارد. هنگامی که pH در حال کاهش است دلمه آب پنیر دفع می‌کند. اسیدی شدن در اینجا رطوبت نهایی و بافت پنیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (والسترا و همکاران، ۲۰۰۶). فرایند مشخصهٔ چدارینگ باید زمانی شروع شود که قطعات دلمه هنوز داغ است و باید زمانی تکمیل شود که تکه‌های دلمه به یک توده تبدیل شوند (ساندرو و آروانیتویانیس، ۲۰۰۰).

۷-۲-۶-مقدار نمک

نمک دلمه روی رسیدن، طعم و شکل گیری پنیر چدار تأثیر بسزایی دارد و به عنوان یک CCP در نظر گرفته می‌شود زیرا بر رشد *استافیلوکوکوس اروئوس* و میزان مرگ و میر *سالمونلا* تأثیر می‌گذارد.

جذب نمک باید به‌طور کامل پیش رود مگر اینکه نمک اضافی در هنگام آسیاب کردن و پرس از بین برود. اگر پنیر حاوی ۵ تا ۵/۵ درصد نمک در مادهٔ مرطوب باشد، تولید اسید ناکافی خواهد بود، در حالی که اگر غلظت نمک کمتر از ۴/۵ درصد باشد تخمیر توسط باکتری‌های اسید لاکتیک خیلی سریع پیش می‌رود (ناصر و همکاران، ۲۰۱۵).

در هر صورت، بهبود عطر و طعم ناکافی خواهد بود و ممکن است ارگانیسم‌های ناخواسته رشد کنند و موجب ایجاد طعم‌های قوی نامطلوب شوند.

بنابراین، نقاط کنترل بحران، درصد نمک موجود در دلمه، باید به دقت کنترل شود.

۶-۲-۸-مرحلهٔ پرس

اگر فشار پرس کافی نباشد، بر ساختار محصول نهایی تأثیر منفی می‌گذارد. زمان پرس، فشار وارد شده و دمای دلمه برای حصول کیفیت مطلوب محصول بسیار مهم است. این پارامترها در پرس می‌توانند CCP باشد و باید به دقت کنترل شوند (ناصر و همکاران، ۲۰۱۵). پرس تدریجی با جدا کردن کامل آب پنیر، موجب فشرده‌تر شدن دلمه می‌شود.

۶-۲-۹-مرحلهٔ رسیدن

به منظور کنترل بهبود طعم و مزه و رنگ پنیر رسیده لازم است که زمان، دما و رطوبت نسبی محل رسیدن کنترل شود. از این رو این پارامترها به عنوان CCPشناخته می‌شوند که باید برای تضمین کیفیت محصول کنترل شوند (ناصر و همکاران، ۲۰۱۵).

رسیدن موجب بهبود خواص حسی می‌شود و به از بین بردن عوامل بیماری زا کمک می‌کند. مقدار pH محصول تازه باید ۵/۳-۵/۲ باشد، وگر نه ممکن است تخمیر نامطلوب باشد. رسیدن در دمای ۴ تا ۱۰ درجهٔ سانتی گراد پس از ۶ تا ۱۲ ماه کامل می‌شود (ساندرو و آروانیتویانیس، ۲۰۰۰).

۳-٦-پیشنهادهای کاربردی

امروزه تقاضا برای مصرف غذاهای ایمن و با کیفیت بالا و ماندگاری زیاد افزایش یافته است. در این خصوص اهمیت پیاده سازی سیستم HACCP برای محصولات نسبتاً بیوشیمیایی مانند پنیر بسیار مفید خواهد بود، زیرا موجبات کاهش ضایعات مواد اولیه (شیر) و محصول نهایی (پنیر) را فراهم می‌کند. بنابراین، با کنترل نقاط بحرانی خط تولید می‌توان پنیر ایمن با کیفیت بالا و سازگار را به بازار عرضه کرد و اعتماد مصرف کننده را افزایش داد.

منابع مورد استفاده

پورمولائی، ه.، خسروشاهی اصل، ا.، احمدی، م.، زمردی، ش.، نقی زاده رئیسی، ش. ۱۳۹۹. اثر پوشش‌های خوراکی صمغ‌های گوار و کتیرا بر ویژگی‌های میکروبی، رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر چدار طی نگهداری. میکروبیولوژی کاربردی در صنایع غذایی. ۶: ۴۹-۶۷.

خیرخواه فقرا، س.، جعفریان، س.، زمردی، ش.، روزبه نصیرائی، ل. و خسروشاهی اصل، ا. ۱۴۰۰. تاثیر ضدمیکروبی پوشش موسیلاژ دانه ریحان حاوی نانوذرات اکسید روی بر کیفیت پنیر چدار در طول رسیدن. میکروب شناسی مواد غذایی. ۸ (۲): ۸۸-۱۰۱.

زمردی، ش. ۱۳۹۹. تاثیر پوشش نانو بیوکامپوزیت خوراکی بر خواص پنیر چدار در طول رسیدن. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۵۹۱۶۹، ۱۳۶ صفحه.

سلیمانی رامبد، ا.، زمردی، ش.، نقی زاده رئیسی، ش.، خسروشاهی اصل، ا.، شهیدی، س. ا. ۱۳۹۸. تاثیر پوشش‌های خوراکی صمغ زانتان و موسیلاژ

دانه‌ی کتان بر خصوصیات میکروبی، فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی پنیر چدار در طول رسیدن. میکروبیولوژی کاربردی در صنایع غذایی، ۵ (۴): ۱۲- ۳۰.

نبی زاده، ف.، خسروشاهی اصل،ا. و زمردی، ش. و اسمعیلی، م. ۱۳۹۵. تاثیر صمغ کتیرا و آغازگر تولید کننده اگزوپلی ساکارید بر خصوصیات کیفی، بافتی و ریزساختاری پنیر چدار. پژوهش‌های صنایع غذایی سال اول، ۲۶ (۳): ۳۵۷- ۳۶۷.

Anonymous. Cheddar cheese production. https://csufresno.edu/agf/dairyprocessing/documents.

FAO. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture.

Jacob, M., Jaros, D. and Rohm, H. 2011. Recent advances in milk clotting enzymes. International Dairy Journal. 64: 14–33.

Khosrowshahi, A. 1988. A study of the interaction of heat and concentration in the preparation of milk for cheddar cheese making. Ph.D Thesis, University of Reading.

Khosrowshahi, A., Madadlou, A., Ebrahimzadeh Mousavi, A. and Emam-Djomeh, Z. 2006. Monitoring the chemical and textural change during ripening of Iranian white cheese made with different concentrations of starter. Journal of Dairy Science. 89: 3318-3325.

McSweeney, P. L.H., Fox, P. F., Cotter, P. D. and Everett, D. W. 2017. *Cheese: Chemistry, Physics & Microbiology*. Fourth edition. Academic Press is an imprint of Elsevier. P: 1264.

Murtaza, M. A., Ur-Rehman, S., Anjum, F. M., Huma, N. and Hafiz, I. 2014. Cheddar cheese ripening and flavor characterization: A Review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54 (10): 1309-1321.

Nassar, K., Lundin, J., Dragos Iordache, F., Hailu, Y. 2015. The production of Cheddar cheese. DOI: 10.13140/RG.2.1.4958.2801.

Ong, L., Soodam, K., Kentish, S.E., Powell, I.B. and Gras, S.L. 2015. The addition of calcium chloride in combination with a lower draining pH to change the microstructure and improve fat retention in Cheddar cheese. International Dairy Journal. 46: 53–62.

Roefs, S.P.F.M., Walstra, P., Dalgleish, D.G. and Horne, D.S. 1985. Preliminary note on the change in casein micelles caused by acidification. Neth. Milk Dairy Journal. 39: 119–122.

Sandrou, D. K. and Arvanitoyannis, I. S. 2000. Application of hazard analysis critical control point (HACCP) system to the cheese-making industry: a review. Food Review International. 16: 327–368.

van Schthorst, M. and Kleiss, T. 1994. HACCP in the dairy industry. Food Control. 5: 162–166.

Varnam, A. H. and Sutherland J. P. 1996. Milk and Milk Products: Technology, chemistry and microbiology. Chapman and Hall, London.