

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۳۷۴



دانشکده کشاورزی  
گروه علوم و صنایع غذایی

عنوان

بهینه سازی فرآیند تولید پنیر UF<sup>F</sup> با استفاده از شاخص های شیمیایی، رئولوژیکی و حسی  
به روش سطح پاسخ

نگارش

شهاب قصری

اساتید راهنما

دکتر محمد علیزاده

۱۳۸۹/۴/۸

دکتر اصغر خسروشاهی اصل

کمیته اطلاعات مرکز علمی بزرگ  
تسبیه مرکز

رساله جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

دی ماه ۸۷

۱۳۸۷۲۴

پایان نامه آقای شهاب قصری به تاریخ ۸۷/۱۰/۲۹ به شماره ۵۷-۵۲ کی مورد پذیرش هیات محترم  
داوران با رتبه عالی و نمره نوزده تمام قرار گرفت.

۱- استاد راهنما و رئیس هیئت داوران: دکتر محمد علیزاده دوترا احمدی

۲- استاد مشاور:

۳- داور خارجی: دکتر محسن السعیدی

۴- داور داخلی: دکتر رضا زار باری

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر ایرج رفیعی

۸۷/۱۰/۲۹

تقدیم به:

پدر و مادر عزیز و فداکارم که تمامی لحظات عمرم

را مدیون زحمات بی دریغ ایشان هستم

و

همسرم مهربانم :

که در این مدت صبورانه، امیدوارانه و مشوقانه

مشکلات را پذیرا شد.

## تقدیر و تشکر

سوگند به قلم و آنچه می نویسد.

سپاس پروردگاری که به راه کسب علم و دانش رهنمون شد و یاریم کرد تا این مرحله از زندگی را نیز سپری نمایم. از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر علیزاده، به پاس تمام زحماتی که در طی این دو سال و در جریان نگارش این پایان نامه متحمل شدند بی نهایت سپاسگزارم، از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر خسروشاهی اصل که شاگردی محضر ایشان از افتخارات دوران زندگی اینجانب است بسیار متشکرم که راهنماییهایشان را از من دریغ ننمودند، از اساتید محترم گروه صنایع غذایی که در این مدت از محضرشان بهره مند گشتم کمال تشکر را دارم. از مدیریت محترم شرکت لبنیات پاک آرای سندیج که اجازه استفاده از خط تولید را به ما دادند سپاسگزارم، همچنین از واحد کنترل کیفیت آن شرکت، مهندس معروفی، مهندس پورحصیری، مهندس بشیریان، مهندس عاشقان و مهندس تسبیحی و نیز مدیر داخلی کارخانه جناب آقای نزاریان و کلیه پرسنل زحمتکش شرکت که به نحوی با اجرای این پروژه مساعدت لازم را بعمل آوردند، کمال تشکر را دارم.

از مدیریت محترم اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی استان کردستان و کلیه کارشناسان آن سازمان به پاس همکاری در استفاده از آزمایشگاه مجهزشان تشکر می نمایم. از دوستان و همکلاسیهای عزیزم، آقایان محمدیار حسینی، داریوش احمدی، بابک صمصامی، سید موسی موسوی، حسن خیاط، پیام ابراهیم نژاد، رضا حیدرشناس، خانمها ساناز رشیدنژاد، قدسیه علیزاده و فاطمه شریفی، همچنین سرکار خانم مهندس اشرفی مسئول محترم آزمایشگاه گروه صنایع غذایی که با اینجانب همکاری نمودند نیز سپاسگزارم.

۱- مروری بر تحقیق.....	۱
۱-۱- دانسته هائی در مورد پنیر فتا.....	۱
۱-۱-۱- مواد اولیه در تولید پنیر فتای سنتی.....	۱
۱-۱-۱-۱- شیر.....	۱
۱-۱-۱-۲- مایه پنیر سنتی.....	۲
۱-۱-۱-۳- استارترها.....	۲
۱-۱-۱-۴- کلرور کلسیم.....	۲
۱-۱-۲- فن آوری تولید پنیر فتا.....	۲
۱-۱-۳- پیشرفتهای نوین در تهیه پنیر فتا.....	۸
۱-۱-۴- تغییرات فیزیکوشیمیایی در دوره رسیدگی پنیر فتا.....	۹
۱-۱-۵- تولید صنعتی پنیر فتا.....	۱۲
۱-۱-۵-۱- تحویل و نگهداری شیر.....	۱۲
۱-۱-۵-۲- استا ندارد کردن شیر.....	۱۲
۱-۱-۵-۳- هموژنیزه کردن، فرآیند حرارتی و اولترافیلتراسیون.....	۱۳
۱-۱-۵-۴- استارترها.....	۱۴
۱-۲- کاربرد فرآپالایش برای پنیرسازی.....	۱۸
۱-۲-۱- جنبه های عمومی.....	۱۸
۱-۲-۲- روشهای استفاده از فرآپالایش در پنیرسازی.....	۲۴
۱-۲-۳- خواص شیر تغلیظ شده به روش فرآپالایش.....	۲۷
۱-۲-۴- فرآیند حرارتی شیر پنیرسازی تغلیظ شده به روش فرآپالایش.....	۲۹
۱-۲-۵- قابلیت آنزیم پذیری تغلیظ شده های فرآپالایشی.....	۳۰
۱-۲-۶- رخداد های رسیدن پنیرهای فرآپالایشی.....	۳۵
۱-۳- واکنشهای مهم دوران رسیدن.....	۳۹
۱-۳-۱- پروتئولیز.....	۳۹
۱-۳-۱-۱- پروتئولیز اولیه.....	۴۴
۱-۳-۱-۲- پروتئولیز ثانویه.....	۴۶
۱-۳-۱-۳- پروتئولیز در پنیرهای آب نمکی.....	۴۸
۱-۳-۲- لیپولیز.....	۴۹
۱-۳-۲-۱- چربی شیر، شیمی و ساختار.....	۵۰
۱-۳-۲-۲- عوامل ایجاد لیپولیز در شیر و پنیر.....	۵۱

۳-۲-۳-۱- الگوی لیپولیز در وارپته های مختلف پنیر.....	۵۴
۴-۲-۳-۱- لیپولیز در پنیرهای سفید آب نمکی.....	۵۴
۳-۳-۱- گلیکولیز.....	۵۶
۲- مواد و روشها.....	۵۷
۱-۲- طراحی آزمایشات.....	۵۷
۲-۲- روش تولید و ساخت پنیر.....	۵۷
۳-۲- آزمایشات شیمیایی.....	۵۹
۱-۳-۲- اندازه گیری نمک پنیر.....	۵۹
۲-۳-۲- اندازه گیری ماده خشک.....	۵۹
۳-۳-۲- اندازه گیری ازت کل.....	۵۹
۴-۳-۲- اندازه گیری ازت محلول.....	۵۹
۵-۳-۲- اندازه گیری ازت غیر پروتئینی.....	۶۰
۶-۳-۲- اندازه گیری مقدار کل اسیدهای چرب آزاد.....	۶۰
۴-۲- اندازه گیری های نوسانی پویا.....	۶۰
۵-۲- ارزیابی حسی.....	۶۱
۱-۵-۲- انتخاب و آموزش داورها.....	۶۱
۲-۵-۲- اجرای آزمون حسی.....	۶۲
۳- نتایج و بحث.....	۶۳
۱-۳- بررسی خواص شیمیایی.....	۶۳
۱-۱-۳- ازت محلول.....	۶۳
۲-۱-۳- ازت محلول در تری کلرواستیک اسید.....	۶۷
۳-۱-۳- درصد کل اسیدهای چرب آزاد (FFA).....	۷۳
۴-۱-۳- مقدار NaCl.....	۷۷
۵-۱-۳- ماده خشک.....	۷۸
۲-۳- بررسی خواص رئولوژیکی.....	۸۱
۳-۳- ارزیابی حسی.....	۸۷
۴- بهینه سازی و نتیجه گیری کلی.....	۹۲

۱-۴- بهینه سازی با هدف کمینه بودن میزان نمک، کمینه بودن مقدار $\tan\delta$ و حداکثر امتیاز حسی در طول دوره نگهداری پنیر فتا-UF.....	۹۲
۲-۴- بهینه سازی با هدف کمینه بودن میزان نمک، کمینه بودن مقدار و حداکثر امتیاز حسی در طول دوره نگهداری پنیر فتا-UF و با در نظر گرفتن حداکثر زمان انبارداری ممکن در سردخانه.....	۹۶
۳-۴- بهینه سازی با هدف کمینه بودن مقدار $\tan\delta$ ، حداکثر امتیاز حسی، حداکثر زمان انبارداری پنیرها در سردخانه و بدون توجه به محدودیت نمک و کمینه بودن آن.....	۱۰۰
۴-۴- نتیجه گیری کلی.....	۱۰۳
۵-۴- پیشنهادات.....	۱۰۴
پیوست.....	۱۰۵
منابع.....	۱۱۲



- شکل ۳-۱- کانتور پلات نشان دهنده اثر نمک و زمان نگهداری بر  $SN/TN\%$  در مقادیر ثابت رنت  $42\text{mg/kg}$  و استارتر  $20\text{mg/kg}$ ..... ۶۳
- شکل ۳-۲- نمودار سطحی نشان دهنده اثر نمک و زمان نگهداری بر مقادیر  $SN/TN\%$  در مقادیر ثابت استارتر  $20\text{mg/kg}$  و رنت  $42\text{mg/kg}$  در پنیر فتا -UF..... ۶۴
- شکل ۳-۳- کانتور پلات نشان دهنده اثر توام رنت و زمان نگهداری بر  $SN/TN\%$  در مقادیر ثابت استارتر  $20\text{mg/kg}$  و نمک  $4\%$  در پنیر فتا -UF..... ۶۵
- شکل ۳-۴- نمودار برهم کنش نشان دهنده اثر متقابل زمان نگهداری و رنت بر  $SN/TN\%$  در مقادیر ثابت استارتر  $20\text{mg/kg}$  و نمک  $4\%$  در پنیر فتا -UF..... ۶۵
- شکل ۳-۵- نمودار سطحی نشان دهنده اثر استارتر و زمان نگهداری بر  $SN/TN\%$  در مقادیر ثابت رنت  $42\text{mg/kg}$  و نمک  $4\%$  در پنیر فتا -UF..... ۶۶
- شکل ۳-۶- کانتور پلات نشاندهنده اثر استارتر و زمان نگهداری بر  $SN/TN\%$  در مقادیر ثابت نمک  $4\%$  و رنت  $42\text{mg/kg}$  در پنیر فتا -UF..... ۶۷
- شکل ۳-۷- نمودار برهم کنش نشان دهنده اثر متقابل استارتر و نمک بر  $SN/TN\%$  در مقادیر ثابت رنت  $42\text{mg/kg}$  و زمان نگهداری ۴ هفته در پنیر فتا -UF..... ۶۷
- شکل ۳-۸- کانتور پلات نشان دهنده اثر زمان نگهداری و استارتر افزوده شده بر میزان  $NPN/TN\%$  در مقادیر ثابت نمک  $4\%$  و رنت  $42\text{mg/kg}$  در پنیر فتا -UF..... ۶۹
- شکل ۳-۹- اثر نمک بر مقدار  $NPN/TN\%$  در پنیر فتا -UF..... ۶۹
- شکل ۳-۱۰- کانتور پلات نشان دهنده اثر رنت افزوده شده و زمان نگهداری بر میزان  $NPN/TN\%$  در مقادیر ثابت نمک  $4\%$  و استارتر  $20\text{mg/kg}$  در پنیر فتا -UF..... ۷۰
- شکل ۳-۱۱- نمودار سطحی نشان دهنده اثر رنت افزوده شده و زمان نگهداری بر میزان  $NPN/TN\%$  در مقادیر ثابت نمک  $4\%$  و استارتر  $20\text{mg/kg}$  در پنیر فتا -UF..... ۷۱

- شکل ۳-۱۲- کانتورپلات نشان دهنده اثر استارتر و زمان نگهداری بر میزان  $\text{NPN/TN\%}$  در مقادیر ثابت نمک ۰.۴٪ و رنت  $42\text{mg/kg}$  در پنیر فتا-UF..... ۷۲
- شکل ۳-۱۳- نمودار سطحی نشان دهنده اثر استارتر و زمان نگهداری بر میزان  $\text{NPN/TN\%}$  در مقادیر ثابت نمک ۰.۴٪ و رنت  $42\text{mg/kg}$  در پنیر فتا-UF..... ۷۳
- شکل ۳-۱۴- اثر زمان نگهداری بر مقدار FFA در پنیر فتا -UF..... ۷۴
- شکل ۳-۱۵- اثر استارتر بر مقدار FFA در پنیر فتا -UF..... ۷۵
- شکل ۳-۱۶- اثر رنت بر مقدار FFA در پنیر فتا -UF..... ۷۶
- شکل ۳-۱۷- اثر نمک بر مقدار FFA در پنیر فتا -UF..... ۷۶
- شکل ۳-۱۸- نمودار برهم کنش نشان دهنده اثر متقابل نمک و زمان نگهداری بر مقدار نمک اندازه گیری شده در پنیر فتا-UF در مقادیر ثابت رنت  $42\text{mg/kg}$  و استارتر  $20\text{mg/kg}$ ..... ۷۷
- شکل ۳-۱۹- نمودار سطحی نشان دهنده اثر نمک افزوده شده و زمان نگهداری بر میزان نمک اندازه گیری شده در مقادیر ثابت رنت  $42\text{mg/kg}$  و استارتر  $20\text{mg/kg}$  در پنیر فتا-UF..... ۷۸
- شکل ۳-۲۰- کانتورپلات اثر رنت و زمان نگهداری بر میزان ماده خشک پنیر فتا-UF در مقادیر ثابت استارتر  $20\text{mg/kg}$  و نمک ۰.۴٪..... ۷۹
- شکل ۳-۲۱- اثر استارتر بر مقادیر ماده خشک در پنیر فتا-UF..... ۸۰
- شکل ۳-۲۲- اثر نمک بر مقادیر ماده خشک در پنیر فتا-UF..... ۸۰
- شکل ۳-۲۳- نمودار برهم کنش نشان دهنده اثر متقابل رنت و زمان نگهداری بر میزان  $\tan \delta$  در مقادیر ثابت استارتر  $20\text{mg/kg}$  و نمک ۰.۴٪ در پنیر فتا -UF..... ۸۳
- شکل ۳-۲۴- نمودار سطحی نشان دهنده اثر رنت و زمان نگهداری بر میزان  $\tan \delta$  در مقادیر ثابت استارتر  $20\text{mg/kg}$  و نمک ۰.۴٪ در پنیر فتا -UF..... ۸۴

- شکل ۳-۲۵- کانتورپلات نشان دهنده اثر نمک و رنت بر میزان  $\tan \delta$  در مقادیر ثابت استارتر  $20 \text{ mg/kg}$  و زمان نگهداری ۴ هفته در پنیرفتا-UF ..... ۸۴
- شکل ۳-۲۶- نمودار برهم کنش نشان دهنده اثر متقابل نمک و رنت بر میزان  $\tan \delta$  در مقادیر ثابت استارتر  $20 \text{ mg/kg}$  و زمان نگهداری ۴ هفته در پنیرفتا-UF ..... ۸۵
- شکل ۳-۲۷- کانتورپلات نشان دهنده اثر نمک و زمان نگهداری بر میزان  $\tan \delta$  در مقادیر ثابت استارتر  $20 \text{ mg/kg}$  و رنت  $42 \text{ mg/kg}$  در پنیرفتا-UF ..... ۸۶
- شکل ۳-۲۸- اثر استارتر بر مقادیر  $\tan \delta$  در پنیرفتا-UF ..... ۸۷
- شکل ۳-۲۹- اثر استارتر بر امتیاز حسی پنیرفتا-UF ..... ۸۸
- شکل ۳-۳۰- اثر رنت بر امتیاز حسی پنیرفتا-UF ..... ۸۹
- شکل ۳-۳۱- اثر زمان نگهداری بر امتیاز حسی پنیرفتا-UF ..... ۹۰
- شکل ۳-۳۲- کانتورپلات نشان دهنده اثر نمک و زمان نگهداری بر امتیاز حسی در مقادیر ثابت رنت  $42 \text{ mg/kg}$  و استارتر  $20 \text{ mg/kg}$  در پنیرفتا-UF ..... ۹۱
- شکل ۴-۱- هیستوگرام نشان دهنده مطلوبیت برآورده شدن هرکدام از پاسخها و مطلوبیت مرکب بدون در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری در تولید پنیرفتا-UF ..... ۹۳
- شکل ۴-۲- کانتورپلات توام بهینه سازی فرآیند تولید پنیرفتا-UF بدون در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری ..... ۹۴
- شکل ۴-۳- کانتور پلات نشان دهنده اثر زمان نگهداری و رنت افزوده شده بر امتیاز حسی در مقادیر ثابت نمک ۴٪ و استارتر  $20 \text{ mg/kg}$  در پنیرفتا-UF ..... ۹۵
- شکل ۴-۴- کانتورپلات نشان دهنده اثر استارتر و نمک افزوده شده بر امتیاز حسی در مقادیر ثابت رنت  $42 \text{ mg/kg}$  و زمان نگهداری ۴ هفته در پنیرفتا-UF ..... ۹۶

- شکل ۴-۵- هیستوگرام نشان دهنده مطلوبیت برآورده شدن هرکدام از پاسخها و مطلوبیت مرکب با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری و کمینه بودن میزان نمک در تولید پنیر فتا UF-..... ۹۷
- شکل ۴-۶- کانتور پلات توام بهینه سازی فرآیند تولید پنیر فتا-UF با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری ۹۸.....
- شکل ۴-۷- کانتور پلات توام بهینه سازی فرآیند تولید پنیر فتا-UF با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری ۹۹.....
- شکل ۴-۸- کانتورپلات نشان دهنده اثر زمان نگهداری و رنت افزوده شده بر امتیاز حسی در مقادیر ثابت استارتر ۲۰mg/kg و نمک ۰.۴٪ در پنیر فتا-UF..... ۹۹
- شکل ۴-۹- هیستوگرام نشان دهنده مطلوبیت برآورده شدن هرکدام از پاسخها و مطلوبیت مرکب با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری و بدون در نظر گرفتن کمینه بودن میزان نمک در تولید پنیر فتا UF-..... ۱۰۱
- شکل ۴-۱۰- کانتور پلات توام بهینه سازی فرآیند تولید پنیر فتا-UF با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری، بدون محدودیت کمینه بودن میزان نمک ۱۰۲.....
- شکل ۴-۱۱- کانتور پلات توام بهینه سازی فرآیند تولید پنیر فتا-UF با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری ، بدون محدودیت کمینه بودن میزان نمک ۱۰۲.....

- جدول ۱-۱- تغییر بعضی از خواص فیزیکوشیمیا بی پنیر فتا در دوره رسیدگی ..... ۱۰
- جدول ۲-۱- تغییر اجزای ازته در دوره رسیدگی پنیرفتا ..... ۱۱
- جدول ۳-۱- عدد اسیدی (میلی اکی و لان پتاس در ۱۰۰ گرم چربی) و اسیدهای آمینه آزاد (میلی گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) پنیرفتا در مراحل مختلف رساندن ..... ۱۱
- جدول ۴-۱- انواع استارترها ..... ۱۷
- جدول ۱-۲- طرح آزمایشات بر اساس روش **Box-Behnken** ..... ۵۸
- جدول ۱-۴- مقادیر بهینه جهت تولید پنیر فتا-UF بدون در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری ..... ۹۳
- جدول ۲-۴- مقادیر پیش بینی شده پاسخ های مختلف در شرایط بهینه سازی پنیر فتا-UF بدون در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری ..... ۹۴
- جدول ۳-۴- مقادیر بهینه جهت تولید پنیر فتا-UF با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری ..... ۹۶
- جدول ۴-۴- مقادیر پیش بینی شده پاسخ های مختلف در شرایط بهینه سازی پنیر فتا-UF با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری و کمینه بودن میزان نمک ..... ۹۸
- جدول ۵-۴- مقادیر بهینه جهت تولید پنیر فتا-UF با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری و بدون در نظر گرفتن محدودیت کمینه بودن مقدار نمک ..... ۱۰۰
- جدول ۶-۴- مقادیر پیش بینی شده پاسخ های مختلف در شرایط بهینه سازی پنیر فتا-UF با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری و بدون محدودیت کمینه بودن میزان نمک ..... ۱۰۱
- جدول ۱-۳- آنالیز واریانس مدل  $SN/TN\%$  ..... ۱۰۵
- جدول ۲-۳- آنالیز واریانس مدل  $NPN/TN\%$  ..... ۱۰۶
- جدول ۳-۳- آنالیز واریانس مدل  $FFA$  ..... ۱۰۷

جدول ۳-۴- آنالیز واریانس مدل $\text{NaCl}\%$ .....	۱۰۸
جدول ۳-۵- آنالیز واریانس مدل ماده خشک.....	۱۰۹
جدول ۳-۶- آنالیز واریانس مدل $\tan \delta$ .....	۱۱۰
جدول ۳-۷- آنالیز واریانس مدل ارزیابی حسی.....	۱۱۱

## چکیده

در این مطالعه با کاربرد روش سطح پاسخ، تاثیر چهار فاکتور مدت زمان نگهداری، مقدار استارت، میزان رنت و مقدار نمک بر شاخص های شیمیایی، رئولوژیکی و حسی پنیر فتا-UF با هدف بهینه سازی فرآیند تولید، مورد مطالعه قرار گرفت؛ هر کدام از فاکتور ها در سه سطح به شرح زیر مورد مطالعه قرار گرفتند:

مدت زمان نگهداری: ۱، ۴ و ۷ هفته

مقدار رنت: ۳۶، ۴۲ و ۴۸ mg/kg

مقدار استارت: ۱۰، ۲۰ و ۳۰ mg/kg

مقدار نمک: ۳، ۴ و ۵٪

تیمارهای مختلف که ترکیبی از سطوح متفاوت چهار فاکتور مورد مطالعه بودند، مطابق با طرح Box-Behnken اجرا شدند و ویژگی های مختلف این تیمارها مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصله نشان داد که افزایش مدت زمان نگهداری، باعث افزایش میزان SN/TN% می گردد، رنت و استارت افزوده شده نیز بر SN/TN% تاثیر مثبت داشتند، این اثر با افزایش مدت زمان نگهداری افزایش یافت؛ نمک در مقادیر بالاتر از ۴٪ اثر مهار کنندگی بر مقدار SN/TN% را نشان داد. فاکتورهای مطالعه شده بر مقدار NPN/TN% نیز تاثیر معنی دار داشتند ( $p < 0.05$ )، افزایش مدت زمان نگهداری، باعث افزایش میزان NPN/TN% گردید، افزایش مقدار نمک نیز تاثیر معنی داری بر مقدار NPN/TN% داشت، میزان استارت افزوده شده در مقادیر حدود بالاتر از ۲۵mg/kg و مقدار رنت افزوده شده نیز، در مقادیر بالاتر از ۴۲mg/kg بر مقدار NPN/TN% تاثیر مثبت داشتند.

افزایش مدت زمان نگهداری، استارت افزوده شده و مقدار رنت بر میزان FFA تاثیر مثبت و معنی دار داشتند ( $p < 0.05$ )، همچنین مقدار نمک افزوده شده در مقادیر تا ۴٪ باعث افزایش FFA و در مقادیر بالاتر از آن، باعث کاهش FFA گردید. تاثیر فاکتورهای مطالعه شده بر میزان NaCl به جز فاکتور نمک، معنی دار نبود ( $p < 0.05$ ).

فاکتورهای اعمال شده، تاثیر معنی داری بر میزان ماده خشک پنیرها نداشتند. از  $\tan \delta$  برای ارزیابی خصوصیات رئولوژیکی پنیر فتا-UF استفاده شد، فاکتورهای مورد مطالعه، بر مقدار  $\tan \delta$  تاثیر معنی دار داشتند، افزایش مقدار

رنت افزوده شده باعث افزایش مقدار  $\tan \delta$  می شود، همچنین با افزایش مدت زمان نگهداری، مقدار  $\tan \delta$  افزایش یافت، افزایش نمک، تاثیر مثبت رنت بر  $\tan \delta$  را کاهش داد. همچنین مقادیر بالای نمک، باعث کاهش میزان  $\tan \delta$  در پنیر فتا-UF گردید، تاثیر مثبت نمک بر کاهش مقادیر  $\tan \delta$  در هفته پایانی زمان نگهداری کاهش یافت، افزایش مقدار استارتر افزوده شده به پنیر فتا-UF نیز باعث کاهش جزئی در مقدار  $\tan \delta$  گردید.

استارتر افزوده شده، باعث تاثیر معنی داری در امتیاز حسی پنیر فتا-UF گردید، رنت افزوده شده و مقادیر بالای نمک تاثیر مثبت و معنی داری بر امتیاز حسی این پنیر داشتند، در حالیکه فاکتور زمان نگهداری، باعث کاهش امتیاز حسی پنیرها گردید. بعد از مدل سازی هر کدام از ویژگیهای ذکر شده فوق، به عنوان تابعی از چهار متغیر فرآوری مورد مطالعه، با در نظر گرفتن حدود و قیدهای منطقی، شرایط بهینه تولید پنیر فتا-UF به صورت زیر مشخص گردید:

مقدار رنت :  $47/99 \text{ mg/kg}$ ، مقدار استارتر:  $29/99 \text{ mg/kg}$ ، مقدار نمک:  $1/4\%$  (با در نظر گرفتن محدودیت کمینه بودن میزان نمک) و در صورت اعمال نکردن این محدودیت، مقدار بهینه آن به  $4/96\%$  افزایش پیدا کرد. بهترین زمان نگهداری: یک هفته، بدون در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری، 4 هفته با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری و کمینه بودن نمک و 5 هفته با در نظر گرفتن محدودیت حداکثر زمان نگهداری ولی بدون در نظر داشتن کمینه بودن مقدار نمک.

کلمات کلیدی: پنیر فتا-UF، رئولوژی، بهینه سازی، اولترافیلتراسیون



اولترافیلتراسیون بی تردید یکی از پرجاذبه ترین فن آوری های جدید بوده که در سالهای اخیر در صنایع لبنی گسترش زیادی یافته است. علل استقبال از آن در این صنعت را منتسب به ارتقاء کیفیت محصولات و تولید فرآورده های جدید دانسته اند.

اولترافیلتراسیون در حقیقت یک فرآیند جداسازی غشائی با استفاده از نیروی فشار می باشد که در چند دهه اخیر کاربرد صنعتی گسترده ای پیدا کرده است، از این فرآیند برای جداسازی و تغلیظ مواد کلوئیدی و سوسپانسیونی از محلولهای حقیقی سود جسته می شود (۸). کاربرد ویژه فرآپالایش برای فرآوری شیر، به منظور تولید پنیر، در سال ۱۹۶۹ در یک اختراع ثبت شده فرانسوی ذکر شده است، این روش به نام مخترعین آنها MMV<sup>۱</sup> نامیده می شود. اساس پنیرسازی با استفاده از شیر فرآپالایش شده در این است که پروتئین های موجود در آب پنیر در داخل پنیر باقی می ماند و راندمان پنیرسازی افزایش می یابد بنابراین از پروتئین های آب پنیر استفاده بهتری می شود (۳۵)، روش اولترافیلتراسیون جهت تولید پنیر فتا نیز کاربرد دارد، پنیرهایی که در کشور ما به روش اولترافیلتراسیون در حال تولید است به نام پنیر سفید ایرانی و یا پنیر فتا تولید و بسته بندی می گردد.

میزان رنت، مقدار استارتر و میزان نمک از فاکتورهای موثر بر فرآیند تولید پنیر می باشد که مقادیر این فاکتورها در پنیر UF نسبت به پنیر سنتی متفاوت است، در پنیر UF، کل آنزیم رنت افزوده شده به پیش پنیر در بافت پنیر باقی می ماند، بنابراین در فرآپالایش فقط ۸۰٪ مقدار آنزیم مصرفی در روش سنتی تولید پنیر مورد نیاز است (۸).

مقدار استارتر نیز با توجه به افزایش ظرفیت بافری شیر غلیظ شده جهت تولید پنیرفتا-UF نسبت به پنیر سنتی افزایش می یابد (۴)؛ همچنین مقدار و نحوه افزودن نمک در پنیرفتا-UF قالبی نسبت به پنیر سنتی متفاوت است. با توجه به عدم یکنواختی کیفیت پنیرهای فتا-UF تولیدی در کشور و نیز افت کیفیت این نوع پنیر از نظر شاخص های حسی و رئولوژیکی در طی نگهداری آن، یافتن شرایطی که شاخص های کیفی را به خوبی برآورده نماید مورد نیاز است. در اغلب مطالعات متغیرهای فرآوری به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار می گیرند که این کار علاوه بر افزایش حجم آزمایشات

<sup>۱</sup> . Maubois , Mocquot , Vassal

و هزینه ها، احتمالاً<sup>1</sup> می تواند منجر به نتیجه گیری غلط گردد. در مطالعاتی که در زمینه تاثیر همزمان چندین فاکتور بر ویژگیهای یک سیستم ناشناخته و با هدف بهینه سازی آن سیستم انجام می گیرد، روش سطح پاسخ<sup>1</sup> از قویترین ابزارها است (۷). در این مطالعه با بکارگیری روش سطح پاسخ تاثیر چهار پارامتر مقدار استراتر، مقدار نمک، میزان رنت و زمان نگهداری بر شاخص های شیمیایی، رئولوژیکی و حسی پنیرفتا- UF به طور همزمان مورد ارزیابی قرار می گیرد تا بتوان به سوالات زیر پاسخ داد :

۱- شاخص های کیفی پنیر مورد نظر در طول زمان نگهداری به چه صورت تغییر می یابند؟

۲- مقدار مطلوب رنت در این فرآیند چقدر می تواند باشد؟

۳- در تولید بهینه پنیرفتا- UF از نظر شاخص های کیفی مورد نظر، مقدار مطلوب نمک چقدر است؟

۴- میزان مطلوب استراتر در فرآیند تولید پنیر فتا - UF چقدر است؟

در واقع هدف این مطالعه، پاسخ به چهار سوال فوق، یعنی یافتن مقادیر بهینه رنت، استراتر، زمان نگهداری و درصد نمک مصرفی با ارزیابی شاخص های شیمیایی، رئولوژیکی و حسی می باشد.

---

<sup>1</sup> - response surface methodology

## ۱- مروری بر تحقیق

### ۱-۱- دانسته هائی در مورد پنیر فتا

فتا، پنیر سفید نرم رسیده و آب نمکی است. این نوع پنیر دارای مزه نسبتاً شور، کمی اسیدی و عطر و طعم خوشایند با مقبولیت جهانی است. این پنیر به صورت سنتی در یونان از زمان هومریها تولید می شده است. پنیر فتا گاهی مواقع معنای خاصی برای مصرف کننده یونانی می دهد: پنیری است با کیفیت عالی که از شیر گوسفند یا مخلوط شیر گوسفند و بز تهیه شده و به شکل فتا (برش) درون آب نمک نگهداری می شود. پنیر فتا عنصر مهمی در برنامه غذایی یونانیان بوده و هنوز هم هست و نامش ارتباط زیادی با تاریخ و سنت یونان دارد.

چون مقادیر پنیر فتای سنتی در دسترس برای جوابگویی میزان تقاضا کافی نبوده، لذا همواره تلاش برای تولید پنیرهای مشابه آب نمکی از شیر گاو، اما با فن آوری شبیه پنیر فتا معطوف گشته است. به منظور ایجاد خصوصیات عطر و طعم همانند پنیر فتای سنتی، کلروفیل و لیپاز قبل از مایه زنی به شیر گاو اضافه شده و روش تولید نیز اصلاح گردید، اما پنیر رسیده حاصل از شیر گاو هرگز ویژگیهای ارگانولپتیکی پنیر فتای سنتی را پیدا نکرد(۴).

### ۱-۱-۱- مواد اولیه در تولید پنیر فتای سنتی

#### ۱-۱-۱-۱- شیر

در روش سنتی، پنیر فتا از شیر گوسفند به دست می آید. پنیر حاصل از این نوع شیر، بهترین کیفیت را دارد؛ به همین دلیل بسیار مورد علاقه تولید کنندگان پنیر در یونان قرار گرفته است. از مخلوط شیر گوسفند و شیر بز نیز پنیر فتای با کیفیت خوب تولید می شود، با این شرط که نسبت شیر بز بیشتر از ۲۰ تا ۳۰ درصد مخلوط نباشد. پنیر فتای حاصل از شیر بز در مقایسه با شیر گوسفند سخت تر و دارای طعم قویتری است(۴).

هنگامی که میزان تقاضا برای پنیر فتا زیاد است، از شیر گاو نیز استفاده می کنند؛ اما کیفیت این نوع پنیر از لحاظ ویژگیهای ظاهری عطر و طعم با پنیر فتای سنتی متفاوت است. کاربرد کلروفیل، لیپاز و احتما<sup>۱</sup>لا" سایر افزودنی ها به منظور بهبود کیفیت پنیر در هیچ حالتی به تولید محصولی مشابه با پنیر فتای سنتی نخواهد انجامید.

پر واضح است که شیر بز و گوسفند از نظر ترکیب و خصوصیات پنیر حاصل، با شیر گاو تفاوت زیادی دارد. آنها مقدار پروتئین، چربی و ماده خشک بیشتری دارند و این موضوع بر راندمان و کیفیت پنیر تاثیر می گذارد. تفاوتها نه تنها کمی که کیفی است. شیر گوسفند و بز فاقد کاروتن هستند؛ بنابراین پنیر حاصل از آنها به طور طبیعی سفیدتر است. چربی شیر منبع ترکیباتی است که تا حدودی عامل عطر و طعم پنیر در هنگام رساندن و میزان تاثیر آن تا حد زیادی به ترکیب و خصوصیات فیزیکی خود چربی بستگی دارد. حضور اسیدهای چرب با طعم های خاص بر طعم نهائی پنیر تاثیر می گذارد. شیر گوسفند و به ویژه شیر بز مقادیر قابل توجهی اسیدهای کاپروئیک، کاپریلیک و کاپریک دارد؛ از اینرو پنیر فتای حاصل از این نوع شیرها، طعمی تند و تیز<sup>۱</sup> دارند که در پنیر بدست آمده از شیر گاو مشاهده نمی شود(۴).

#### ۱-۱-۱-۲- مایه پنیر سنتی<sup>۲</sup>

تولید کنندگان پنیر فتا در روش سنتی، شیر را با کمک مایه پنیر بدست آمده از شیردان بره و بزغاله شیرخوار منعقد می کنند. علت استفاده از مایه پنیر سنتی به جای مایه پنیر تجارتي<sup>۳</sup> کوچک بودن تشکیلات اقتصادی خانواده و متفرق بودن آنها در نواحی کوهستانی و نیمه کوهستانی است، بطوریکه تامین و نگهداری مایه پنیر تجارتي به آسانی امکان پذیر نیست. به علاوه مایه پنیر سنتی موجب تولید آرومای بسیار خوشایند و مزه تندی می شود که مطلوب ذائقه اکثر مصرف کنندگان یونانی است. امروزه به دلیل راه اندازی کارخانجات بزرگ پنیر، مایه پنیر سنتی به طور جزئی یا کامل با منعقد کننده های<sup>۴</sup> تجاری جایگزین شده است. آنچه که در عمل بکار می رود مخلوطی از دو نوع مایه پنیر سنتی و تجاری به نسبت ۳ به ۱ است (۴).

<sup>۱</sup>. Typical piquant, peppery flavour

<sup>۲</sup>. Traditional rennet

<sup>۳</sup>. Commercial rennet

<sup>۴</sup>. Coagulants