دانشکده کشاورزی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی علوم و صنایع غذایی- تکنولوژی مواد غذایی

تولید اسنکهای گندمی اکسترود شده حاوی پودر سویا و آب پنیر و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آنها

به وسیله‌ی

ژاله احمدفرد

استاد راهنما

دکتر عسگر فرحناکی

تیر ماه ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب ژاله احمدفرد دانشجوی رشته ی مهندسی علوم و صنایع غذایی گرایش تکنولوژی مواد غذایی دانشکده ی کشاورزی اظهارمی کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام. همچنین اظهارمی کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام ونام خانوادگی : ژاله احمد فرد

تاریخ و امضا: ۱۳۹۱/۴/۲۷

تقدیم به

همسر عزیزم

سپاسگزاری

سپاس خدای را که توفیق طی این مسیر را به من داد و آن را بر من هموار کرد و در هر لحظه آن مرا یاری کرد.
در ابتدا از خانواده عزیزم که هر چه داشته ام، دارم و خواهم داشت حاصل دعای خیر و زحمات دلسوزانه آن هاست و همچنین از زحمات و بردباری های همسرم که در طول این پژوهش مرا صبورانه همراهی و یاری کرد سپاسگزاری می کنم.
اکنون که به یاری حضرت حق این پژوهش به پایان رسیده است بر خویشتن لازم می دانم که از استاد راهنمای بزرگوارم آقای دکتر عسگر فرحناکی به خاطر تمام زحمات و راهنمایی هایشان در طول انجام این پژوهش از صمیم قلب سپاسگزاری کنم.
از استادان مشاور محترمم خانم ها دکتر مهسا مجذوبی و دکتر مرضیه موسوی نسب و آقای مهندس غلامرضا مصباحی به خاطر راهنمایی های بی دریغشان تشکر می نمایم.
در نهایت از تمامی عزیزانی که با یاری و کلامشان مرا در عبور از این مسیر همراهی نموده اند سپاس فراوان دارم، باشد که روزی جبران نمایم.

چکیده

تولید اسنکهای گندمی اکسترود شده حاوی پودر سویا و آب پنیر و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آنها

به کوشش
ژاله احمدفرد

در تولید اسنک های گندمی سرخ شده در روغن، مقدار رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرایند سرخ کردن، از فاکتورهایی هستند که می توان آنها را در فرایند تولید در یک کارخانه تنظیم و بهینه نمود. در این تحقیق، تأثیر استفاده از پودر سویا و پودر آب پنیر در فرمولاسیون اسنک های گندمی و همچنین تأثیر دو پارامتر رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرایند بر خواص فیزیکوشیمیایی اسنک های تولیدی بررسی شد. دامنه دمایی فرایند سرخ کردن، ۲۱۰-۱۵۰ درجه سانتی گراد و دامنه رطوبت پلت نیمه آماده ۱۸- ۶٪ برای اسنک های گندمی کنترل و اسنک های گندمی سویا و ۱۸-۲٪ برای اسنک های گندمی آب پنیر در نظر گرفته شد. در اسنک های گندمی (نمونه کنترل)، با کاهش میزان رطوبت پلت های اولیه و با افزایش دمای فرآیند، مقدار رطوبت باقی مانده بعد از سرخ کردن، دانسیته و مقدار فاکتور a، کاهش و ضریب انبساط طولی و عرضی و فاکتور L افزایش یافت. افزایش فاکتور L بیشتر در دماهای بالاتر و رطوبت های پایین تر مشاهده شد. از طرفی با افزایش دمای فرآیند و افزایش میزان رطوبت، مقدار فاکتور b، ماکزیمم نیرو و انرژی مصرفی برای آزمون های فشاری و نفوذ، کاهش و درصد جذب روغن افزایش یافت. در اسنک های گندمی سویا، با کاهش میزان رطوبت پلت های اولیه و با افزایش دمای سرخ کردن، مقدار رطوبت باقی مانده بعد از سرخ کردن، دانسیته و مقدار ماکزیمم نیرو برای نفوذ، کاهش و ضریب انبساط طولی و عرضی و درصد جذب روغن افزایش یافت. تغییرات رطوبت اولیه و دمای فرآیند روی تغییرات رنگ اسنک های گندمی سویا اثر معنی داری نداشت. در اسنک های گندمی آب پنیر، با کاهش میزان رطوبت پلت های اولیه و با افزایش دمای سرخ کردن، مقدار رطوبت باقی مانده بعد از سرخ کردن، دانسیته، مقدار ماکزیمم نیرو در آزمون فشاری اسنک و میزان فاکتورb، کاهش و ضریب انبساط طولی و عرضی، درصد جذب روغن، تعداد شکست ها در فشرده کردن اسنک و میزان فاکتور L افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که در اسنک های گندمی حاوی پودر آب پنیر نسبت به دو تیمار دیگر در دما و رطوبت اولیه یکسان، مقدار رطوبت نهایی بالاتر و درصد جذب روغن کمتر می باشد و تردی بافت در اسنک های حاوی پودر آب پنیر نسبت به دو تیمار دیگر به طور معنی داری کمتر بود. تردی بافت اسنک های حاوی پودر سویا نسبت به نمونه کنترل در دما و رطوبت اولیه یکسان، بیشتر بود. به طور کلی برای تولید اسنک های حاوی پودر آب پنیر با بافت مناسب لازم است که رطوبت پلت کمتر از اسنک های کنترل و حاوی پودر سویا تنظیم گردد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- تعریف اسنک ۲

۱-۲- محصولات نیمه آماده یا اسنک‌های پلت ۲

۱-۳- فرآیند اکستروژن ۳

۱-۴- پخت با اکستروژن برای تولید محصولات نیمه آماده ۶

۱-۵- آرد سویا ۷

۱-۶- پودر آب پنیر ۷

۱-۷- مراحل تولید اسنک‌های گندمی ۸

۱-۷-۱- تولید اسنک‌های نیمه آماده (پلت) ۸

۱-۷-۲- مرحله خشک کردن ۹

۱-۷-۳- مرحله سرخ کردن ۹

۱-۷-۴- مرحله طعم زدن و بسته‌بندی ۹

۱-۸- اهداف تحقیق ۹

۱-۹- طرح کلی تحقیق ۱۰

فصل دوم: مروری بر پژوهش‌های پیشین ۱۳

فصل سوم: مواد و روش‌ها ۲۰

۳-۱- مواد و وسایل مورد استفاده ۲۰

۳-۱-۱- مواد مورد استفاده ۲۰

۳-۱-۲- وسایل مورد استفاده ۲۱

۳-۲- روش‌های انجام آزمایش‌ها و انجام تیمارها ۲۱

۳-۲-۱- آماده سازی اسنک‌ها ۲۲

عنوان **صفحه**

۳-۲-۲- تعیین ترکیبات شیمیایی آرد گندم، نشاسته، پودر سویا و پودر آب پنیر به کار در تولید اسنک ۲۲
۳-۲-۲-۱- اندازه‌گیری رطوبت ۲۲
۳-۲-۲-۲- اندازه‌گیری پروتئین ۲۲
۳-۲-۲-۳- اندازه‌گیری چربی ۲۳
۳-۲-۲-۴- اندازه‌گیری خاکستر ۲۳
۳-۲-۲-۵- اندازه‌گیری کربوهیدارت کامل ۲۴
۳-۲-۲- تعیین ترکیبات شیمیایی اسنک‌های نیمه آماده ۲۴
۳-۲-۴- اندازه‌گیری دانسیته ۲۴
۳-۲-۵- تعیین مقدار روغن اسنک سرخ شده ۲۵
۳- ۲-۶- ارزیابی بافت ۲۵
۳-۲-۶-۱- ارزیابی بافت خمیرهای مورد استفاده در تهیه اسنک‌ها ۲۵
۳-۲-۶-۲- ارزیابی بافت نمونه‌های اسنک ۲۶
۳-۲-۷- تعیین مقدار ضریب انبساط ۲۶
۳-۲-۸- ارزیابی رنگ ۲۷
۳-۲-۹- بررسی ساختار میکروسکوپی اسنک به وسیله میکروسکوب الکترونی نگاره ۲۷
۳-۲-۱۰- ارزیابی حسی اسنک‌های تولیدی در شرایط مختلف ۲۸
۳-۲-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری ۲۸

فصل چهارم: نتایج و بحث ۳۲
۴-۱- ترکیبات شیمیایی آرد و نشاسته گندم، پودر سویا و پودر آب پنیر به کار رفته در تولید اسنک ۳۲
۴-۲- ترکیبات شیمیایی اسنک‌های نیمه آماده ۳۳
۴-۳- تأثیر میزان رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند روی میزان رطوبت محصول نهایی ۳۴
۴-۴- تأثیر میزان رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند بر میزان دانسیته محصول نهایی ۳۷
۴-۵- تأثیر میزان رطوبت پلت نیمه آماده و دمای سرخ کردن روی میزان جذب روغن محصول نهایی ۴۰
۴-۶- ارزیابی بافت ۴۳

عنوان **صفحه**

۴-۶-۱- ارزیابی بافت خمیرهای مورد استفاده برای تهیه اسنک‌ها..... ۴۳
۴-۶-۲- تأثیر میزان رطوبت پلت نیمه آماده و دمای سرخ کردن روی سفتی
بافت محصول نهایی ۴۶
۴-۷- تأثیر میزان رطوبت پلت نیمه آماده و دمای سرخ کردن روی ضریب
انبساط محصول نهایی..... ۵۲
۴-۸- تأثیر میزان رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند روی رنگ
بافت محصول نهایی..... ۵۷
۴-۹- تصاویر میکروسکوپ الکترونی اسنک‌های تولیدی ۶۳
۴-۱۰- آزمون ارزیابی حسی ۶۶

فصل پنجم: نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات .....
۵-۱- نتیجه‌گیری کلی..... ۷۰
۵-۲- پیشنهادات ۷۱

فهرست منابع و مأخذ
منابع فارسی ۷۲
منابع انگلیسی ۷۳

پیوست ۷۸

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- انواع اصلی اسنک‌ها ۲
جدول ۳-۱- طرح تیمارهای (ترکیب اثر رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند)
مورد استفاده در تحقیق حاضر با استفاده از نرم افزار Design Expert ۲۹
جدول ۴-۱- ترکیبات شیمیایی آرد گندم، نشاسته، پودر سویا و پودر آب پنیر
(بر اساس وزن خشک) ۳۲
جدول ۴-۲- ترکیبات شیمیایی پلت‌های اسنک‌های نیمه آماده کنترل، اسنک
حاوی پودر سویا و اسنک حاوی پودر آب پنیر ۳۳
جدول ۴-۳- مدل‌های تجربی برای پیشگویی محتوای رطوبتی اسنک‌های
تولیدی با دو متغیر میزان رطوبت اولیه و دمای فرآیند ۳۶
جدول ۴-۴- مدل‌های تجربی برای پیشگویی دانسیته نهایی اسنک‌های تولیدی
با دو متغیر میزان رطوبت اولیه و دمای فرآیند ۴۰
جدول ۴-۵- مدل‌های تجربی برای پیشگویی درصد جذب روغن اسنک‌های تولیدی
با دو متغیر میزان رطوبت اولیه و دمای فرآیند ۴۳
جدول ۴-۶- خصوصیات بافتی خمیرهای مورد استفاده برای تهیه اسنک‌ها ۴۵
جدول ۴-۷- مدل‌های تجربی برای پیشگویی میزان سفتی بافت اسنک‌های نمونه
کنترل با دو متغیر میزان رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۴۸
جدول ۴-۸- مدل‌های تجربی برای پیشگویی میزان سفتی بافت اسنک‌های گندمی
حاوی پودر آب پنیر با دو متغیر میزان رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۵۲
جدول ۴-۹- مدل‌های تجربی برای پیشگویی میزان ضریب انبساط اسنک‌های تولیدی
با دو متغیر میزان رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۵۶
جدول ۴-۱۰- مدل‌های تجربی برای پیشگویی میزان پارامترهای رنگ اسنک‌های تولیدی
با دو متغیر میزان رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۶۲

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱۱- نتایج ارزیابی حسی مربوط به تیمارهای مختلف با بیشترین
حجم و کمترین دانسیته.....۶۷
جدول ۴-۱۲- - نتایج ارزیابی حسی مربوط به اسنک‌های گندمی حاوی پودر سویا
در دمای فرآیند متفاوت و رطوبت اولیه ۶٪.....۶۸
جدول ۴-۱۳- نتایج ارزیابی حسی مربوط به اسنک‌های گندمی حاوی
پودر آب پنیر در رطوبت‌های اولیه متفاوت و دمای فرآیند c°۲۱۰ .....۶۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- مراحل کلی طرح ۱۱
شکل ۴-۱- تغییرات محتوای رطوبت اسنک‌های گندمی (نمونه کنترل)
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۳۴
شکل ۴-۲- تغییرات محتوای رطوبت اسنک های گندمی سویا به عنوان تابعی
از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرایند ۳۵
شکل ۴-۳- تغییرات محتوای رطوبت اسنک‌های گندمی آب پنیر به عنوان تابعی
از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۳۵
شکل ۴-۴- تغییرات میزان دانسیته اسنک‌های گندمی (نمونه کنترل)
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۳۷
شکل ۴-۵- تغییرات میزان دانسیته اسنک‌های گندمی حاوی پودر سویا
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۳۸
شکل ۴-۶- تغییرات میزان دانسیته اسنک‌های گندمی حاوی پودر آب پنیر
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۳۹
شکل ۴-۷- تغییرات درصد جذب روغن اسنک‌های گندمی (نمونه کنترل)
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۴۱
شکل ۴-۸- تغییرات درصد جذب روغن اسنک‌های حاوی پودر سویا
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۴۲
شکل ۴-۹- تغییرات درصد جذب روغن اسنک‌های حاوی پودر آب پنیر
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۴۲
شکل ۴-۱۰- منحنی نیرو- زمان آزمون فشاری دو مرحله‌ای خمیر نمونه کنترل،
نمونه حاوی پودر سویا و نمونه حاوی پودر آب پنیر بدست آمده از دستگاه بافت سنج ۴۵
شکل ۴-۱۱- تغییرات ماکزیمم نیرو در آزمون فشاری اسنک‌های گندمی
(نمونه کنترل) به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۴۶

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱۲- تغییرات میزان انرژی مصرفی در آزمون نفوذ گندمی
(نمونه کنترل) به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۴۷
شکل ۴-۱۳ - تغییرات ماکزیمم نیرو در آزمون نفوذ اسنک‌های گندمی
(نمونه کنترل) به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۴۷
شکل ۴-۱۴- تغییرات ماکزیمم نیرو در آزمون نفوذ اسنک‌های گندمی حاوی
پودر سویا به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۴۹
شکل ۴-۱۵- تغییرات ماکزیمم نیرو در آزمون فشردن اسنک‌های گندمی حاوی
پودر آب پنیر به حالت افقی، به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۵۰
شکل ۴-۱۶- تغییرات تعداد شکست در آزمون فشردن اسنک‌های حاوی پودر
آب پنیر به حالت عمودی، به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۵۰
شکل ۴-۱۷- تغییرات ماکزیمم نیرو در آزمون فشردن اسنک‌های حاوی پودر
آب پنیر به حالت عمودی، به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۵۱
شکل ۴-۱۸- تغییرات ضریب انبساط طولی اسنک‌های گندمی (نمونه کنترل)
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۵۳
شکل ۴-۱۹- تغییرات ضریب انبساط عرضی اسنک‌های گندمی (نمونه کنترل)
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۵۳
شکل ۴-۲۰- تغییرات ضریب انبساط طولی اسنک‌های گندمی حاوی پودر سویا
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۵۴
شکل ۴- ۲۱- - تغییرات ضریب انبساط عرضی اسنک‌های گندمی حاوی
پودر سویا به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۵۴
شکل ۴-۲۲- تغییرات ضریب انبساط طولی اسنک‌های گندمی حاوی پودر
آب پنیر به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۵۵
شکل ۴-۲۳- تغییرات ضریب انبساط عرضی اسنک‌های گندمی حاوی پودر
آب پنیر به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۵۵
شکل ۴-۲۴- تغییرات میزان فاکتور L اسنک‌های گندمی (نمونه کنترل)
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۵۸
شکل ۴-۲۵- تغییرات میزان فاکتور a اسنک‌های گندمی (نمونه کنترل)
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۵۸
شکل ۴-۲۶- تغییرات میزان فاکتور b اسنک‌های گندمی (نمونه کنترل)
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند..... ۵۹

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۲۷- تغییرات میزان فاکتور L اسنک‌های گندمی حاوی پودر سویا
به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۶۰
شکل ۴-۲۸- تغییرات میزان فاکتور L اسنک‌های گندمی حاوی پودر
آب پنیر به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۶۰
شکل ۴-۲۹- تغییرات میزان فاکتور b اسنک‌های گندمی حاوی پودر
آب پنیر به عنوان تابعی از رطوبت پلت نیمه آماده و دمای فرآیند ۶۱
شکل ۴-۳۰- تصاویر میکروسکوپ الکترونی اسنک‌های گندمی کنترل،
اسنک‌های گندمی سویا و اسنک‌های گندمی آب پنیر..... ۶۴
شکل ۴-۳۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی اسنک‌های گندمی سویا تحت
شرایط مختلف از نظر دمای فرآیند و در رطوبت اولیه ۱۰٪..... ۶۵
شکل ۴-۳۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی اسنک‌های گندمی آب پنیر تحت
شرایط مختلف از نظر رطوبت اولیه و در دمای فرآیند ۱۹۵ c̊ ۶۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱- تعریف اسنک[1]

اسنک ها به عنوان غذایی سبک یا جایگزین بخشی از غذای اصلی استفاده می شوند و شامل محدوده وسیعی از محصولات غذایی بوده و تنوع زیادی دارند.

جدول ۱-۱- انواع اصلی اسنک ها (مجذوبی و فرحناکی، ۱۳۸۹)

نوع اسنک	فرایند تولید
اسنک سبزیجات	برش سبزیجات و سرخ کردن
اسنک های خمیر سیب زمینی	سرخ کردن خمیر تهیه شده از محصولات خشک شده سیب زمینی
اسنک های خمیر ذرت	سرخ کردن یا پختن در فر خمیر های تهیه شده از دانه ی کامل ذرت
اسنک های پلت[2]	خشک کردن خمیر حاصل از اکستروژن و حجیم شدن با هوا یا روغن داغ
اسنک های حجیم شده با اکسترودر	پف کردن ناشی از خروج مواد از اکسترودر و کاهش ناگهانی فشار
پاپ کورن و گندم پف کرده	پف کردن دانه ذرت و گندم در اثر حرارت و فشار بخار آب
بیسکویت ها و نان های میله ای	ایجاد بافتی ترد با حرارت دادن و خشک کردن مواد اولیه

۱-۲- محصولات نیمه آماده یا اسنک های پلت

محصولات نیمه آماده یا اسنک های پلت به دو روش تولید می شوند که شامل پیش پز کردن یا استفاده از مواد خام می باشد. در روش اول مواد برپایه نشاسته از پیش ژلاتینه شده، مخلوط و به خمیر تبدیل می شوند. اما در روش دوم، ازمواد خام بر پایه نشاسته استفاده می شود و فرایند پخت درون یک اکسترودر صورت گرفته و خمیری از نشاسته ژلاتینه شده تولید می شود. پس از اینکه مرحله شکل دهی توسط اکستروژن از طریق قالب یا توسط ورقه کردن و

[1] Snack
[2] Pellet

برش دادن کامل شد، محصولات به آرامی خشک می شوند تا به رطوبت ۱۲-۱۰٪ برسند و در این مرحله به حالت شیشه ای در می آیند. این مرحله خشک کردن وجه تمایز تولید اسنک های نیمه آماده با محصولات خمیری شکل گرفته می باشد. محصولات نیمه آماده یا از طریق سرخ کردن در روغن یا به کمک سیستم های مجهز به هوای داغ حرارت داده شده و حجیم می شوند. (مجذوبی و فرحناکی، ۱۳۸۹).

در تولید اسنکهای سرخ شده، فرآیند سرخ کردن در روغن در نتیجه دو پدیده انتقال جرم و حرارت صورت می گیرد. گرما از روغن به ماده غذایی منتقل می شود که منجر به تبخیر آب از غذا و جذب روغن می گردد. فاکتورهای مختلفی که روی میزان جذب روغن در طی سرخ کردن اثر می گذارند عبارتند از: کیفیت روغنی که غذا در آن سرخ می شود، ترکیب غذا، دمای سرخ کردن، زمان سرخ کردن و شکل محصول، مقدار رطوبت اولیه و میزان کشش سطحی اولیه و در نهایت خلل و فرج ماده غذایی (Debnatha et al, 2003).

اسنکها بخش مهمی از رژیم غذایی افراد به خصوص کودکان را تشکیل می دهند و نسبت به غذاهای معمولی دوام و کاربرد بیشتری دارند و کمتر فاسد می شوند (Mazumder et al, 2007). اسنکها به شیوه های متفاوتی از جمله اکسترود کردن[1] تولید می شوند.

۱-۳- فرآیند اکستروژن

بیش از ۶۰ سال است که در تولید اسنک ها از اکستروژن استفاده می شود. اگرچه محصولات اسنکی از تاریخ ابداع اکستروژن قدیمی تر هستند و مبدا آنها به محصولات سنتی ساخته شده توسط دست در قرون گذشته برمی گردد (مجذوبی و فرحناکی، ۱۳۸۹).

پخت با اکستروژن شامل فرآیندهایی مثل حرارت دادن در دمای بالا، اعمال انرژی مکانیکی و نیروی برشی[2]، شکل دادن و تشکیل بافت می باشد (مجذوبی و فرحناکی، ۱۳۸۹). اکسترودر ها انرژی مکانیکی و گرمایی لازم برای تغییرات فیزیکو شیمیایی مواد خام را از طریق مخلوط کردن شدید آنها و حرارت دادن و سرد کردن و ایجاد نیرو های برشی، انکپسوله کردن و استرلیزه کردن ایجاد می کنند و موجب پراکندگی و هموژنیزه شدن اجزا می شوند (Anton & Luciano, 2007). نحوه عملکرد همه انواع اکسترودرها به این ترتیب است که مواد خام وارد پوسته اکسترودر شده و با حرکت مارپیچ ها در طول اکسترودر به حرکت در می آیند. به تدریج فشار بر توده مواد افزایش یافته و مقاومت مواد به جا به جایی بالاتر می رود و فضاهای بین

[1] Extrusion cooking
[2] Shear force

مارپیچ ها و پوسته با جریان مواد پر می شوند و شروع به فشرده شدن می کنند و به شکل یک توده نیمه جامد پلاستیکی در می آیند. اگر حرارت منتقل شده به غذا بیشتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد باشد، این فرایند را پخت با اکستروژن یا اکستروژن داغ می گویند. با پیشروی جریان مواد به تدریج اندازه ذرات کوچکتر می شود و فشار و نیروی برشی افزایش می یابد. در نهایت جریان مواد تحت تاثیر فشار اکسترودر از خروجی آن بیرون آمده و محصول توسط قالب به شکل نهایی در می آید و با خروج رطوبت به شکل بخار آب در اثر کاهش ناگهانی فشار خنک می شود (Fellows, 2000).

فرآیند پخت با اکستروژن از دو ویژگی مهم برخوردار است که آن را از بسیاری از فرایندهای معمول مورد استفاده در تولید مواد غذایی مجزا می نماید، این فرایند در شرایط رطوبت پایین و در محدوده ۱۰ تا ۴۰ درصد (بر اساس وزن مرطوب) انجام می شود. ویژگی دوم این فرایند، استفاده از دماهای خیلی بالا در محدوده ۱۸۰-۱۰۰ درجه سانتی گراد می باشد. با وجود رطوبت پایین، با استفاده از دماهای بالا، اعمال فشارهای مکانیکی و نیروی برشی در داخل اکسترودر، مواد به یک سیال در حال جریان تبدیل شده در نهایت محصولی با خواص عملکردی جدید و ویژه تولید می گردد (مجذوبی و فرحناکی، ۱۳۸۹).

ویژگی هایی مانند نوع مواد اولیه وارد شده به اکسترودر، محتوای رطوبتی، حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی آنها به خصوص مقدار و نوع نشاسته، پروتئین، چربی و قندهای موجود در مواد ورودی و pH مواد بعد از جذب آب در داخل اکسترودر، نقش مهمی روی بافت و رنگ محصول نهایی دارد. ترکیب خوراک، محتوای رطوبتی آن و اندازه ذرات بر ویسکوزیته محصول در اکسترودر اثر می گذارد. ویسکوزیته یک فاکتور بسیار تاثیرگذار در تعیین شرایط فرایند اکستروژن و در نتیجه کیفیت محصول می باشد. در شرایط یکسان در نحوه فرایند اکستروژن، با ورود ترکیب مواد متفاوت به اکسترودر، محصولی متفاوت ایجاد می شود. این امر به دلیل تنوع در نوع و مقدار نشاسته، پروتئین، رطوبت و مواد افزودنی مثل چربی و امولسیفایر می باشد که منجر به ایجاد ویسکوزیته های متفاوت مواد در اکسترودر می شود. از طرفی اضافه کردن اسید برای تنظیم pH مواد ورودی به اکسترودر موجب تغییر در ژلاتینیزاسیون نشاسته و باز شدن تاخوردگی های مولکول های پروتئین می شود، که این پدیده موجب تغییر در ویسکوزیته و تغییر در ساختار محصول اکستروژن می گردد. تغییر در مقدار قندها و pH به دلیل تغییر در واکنش های میلارد موجب تغییر رنگ محصول هم می شود (Fellows, 2000).

غذاهای اکسترود شده اساسا از غلات، نشاسته و پروتئین سبزیجات ساخته شده اند. اصلی ترین نقش این مواد ایجاد ساختار، بافت، حس دهانی و طعم مطلوب برای محصولات نهایی می باشد. فرآیند اکستروژن اسنک ها شامل مجموعه ای از عملیات فیزیکی بر روی غلات برای تولید اسنک هایی با شکل و بافت متفاوت است. در اسنک های اکسترود شده، دانه های غلات به همراه اجزای دیگر در داخل اکسترودر مخلوط شده و تحت فشار پخته می شوند و در

دمای بالا تحت تاثیر نیرو های برشی قرار می گیرند. خمیر حاصل تحت فشار از میان قالب خارج شده و به قطعات مجزا برش داده می شود و به شکل های مختلفی که مشتری پسندی بالا داشته باشد تبدیل می شود (Luciano and Anton, 2007).

در تولید ماده غذایی اکسترود شده، با خروج مواد از اکسترودر، کاهش فشار و دما و خروج بخار آب از سیستم و ایجاد حباب های هوا، محصول پف می کند. به علت خروج آب و کاهش دما و افزایش ویسکوزیته یک سیستم شیشه ای[1] سخت تشکیل می شود. پلیمرهای موجود در نشاسته (آمیلوز و آمیلوپکتین) توانایی مطلوبی در این زمینه داشته و باعث ایجاد ساختار سلولی می شوند که به خوبی پف می کند. ساختار بیشتر محصولات اکسترود شده مثل غلات صبحانه ای، اسنک ها و بیسکویت ها از نشاسته می باشند. در فرمولاسیون های غنی از نشاسته محصولات اکسترود شده مثل اسنک ها می توان از پروتئین ها و مواد فیبری مثل سلولز و سبوس استفاده کرد، که از دو طریق بر فرایند پخت با اکستروژن تأثیر می گذارند. حضور این مواد با تأثیر بر خواص ویسکوالاستیکی لایه نازک تشکیل دهنده دیواره حباب های هوا باعث کاهش پتانسیل افزایش حجم توده می گردد. از طرفی این مواد بر افزایش حجم توده پس از خروج از قالب هم اثر می گذارند. افزودن موادی چون آب به سیستم به عنوان پلاستیسایزر عمل کرده و باعث تبدیل حالت جامد خشک و غیر قابل انعطاف پلیمرها به یک سیال نرم و قابل ارتجاع می شود. بعضی مواد با وزن مولکولی پایین مثل قندها و نمک ها نیز ممکن است برای ایجاد طعم و مزه و به عنوان جاذب الرطوبه به فرمولاسیون مواد اکسترود شده افزوده شوند. این مواد در فاز آبی حل می شوند و بسیاری از آنها به صورت پلاستیسایزر عمل می نمایند، اما در غلظت کمتر از ۵ درصد تأثیر کمی روی بیوپلیمرهای تشکیل دهنده ساختار دارند. عطر و طعم ایجاد شده در اسنکها به نوع مواد خام اولیه، دما و زمانی که مواد در مناطق داغ در داخل اکسترودر طی می کنند، بستگی دارد. مواد عطر و طعم زا معمولاً ترکیبی از مواد فعال کوچک مانند قندهای احیاء و اسیدهای آمینه و پپتیدها است. در دماهای بالا در داخل اکسترودر این ترکیبات وارد واکنش های میلارد و سایر واکنش های حرارتی- شیمیایی برای تولید مواد عطر و طعم زا و رنگ های جدید می شود. ممکن است در فرمولاسیون مواد اکسترود شده از مواد عطر و طعم زا استفاده شود. مواد عطر و طعم زا معمولاً در مرحله بعد از اکستروژن و بر روی مواد غذایی اکسترود شده خشک اسپری می شود تا از تخریب آنها در طی اکستروژن جلوگیری شود (مجذوبی و فرحناکی، ۱۳۸۹).

[1] Glassy state