

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده ی کشاورزی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد
در رشته ی علوم و صنایع غذایی

تولید پودر شیر سویا و بررسی امکان افزایش حلالیت پروتئین های
آن به کمک آنزیم فیسین

به کوشش
علی اصغر سلطانی

استادان راهنما
دکتر محمود امین لاری
دکتر مهرداد نیاکوثری

اسفند ماه ۱۳۹۰

به نام خدا

اظہارنامہ

اینجانب علی اصغر سلطانی دانشجوی رشته‌ی مهندسی کشاورزی گرایش صنایع غذایی دانشکده‌ی کشاورزی اظہار می‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظہار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: علی اصغر سلطانی

تاریخ و امضا:



سپاسگزاری

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند و سلام و دورد بر محمد و خاندان پاک او. از استادان گرامیم جناب آقایان دکتر محمود امین لاری و دکتر مهرداد نیاکوثری بسیار سپاسگزارم چرا که بدون راهنمایی‌ها و صبر و شکیبایی پدرانه ایشان تامین این پایان نامه بسیار مشکل می نمود. از اساتید مشاور بزرگوارم جناب آقای مهندس غلامرضا مصباح و دکتر محمد هادی اسکندری که در حل مشکلات این پایان نامه به من کمک کردند نیز قدردانی می کنم.

چکیده

تولید پودر شیر سویا و بررسی امکان افزایش حلالیت پروتئین‌های آن به کمک آنزیم فیسین

به کوشش

علی اصغر سلطانی

هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر آنزیم فیسین بر حلالیت پروتئین‌های شیر سویا در مقادیر مختلف pH و بررسی امکان تولید پودر شیر سویا با حلالیت بالا و دارای خواص بازگردانی مناسب بود. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های دارای ۲/۵٪ پروتئین (وزنی/وزنی) شیر سویا و پودر شیر سویای بازسازی شده، در مقادیر مختلف pH از ۳ تا ۱۰ به دست آمد (آزمایش‌ها با دو تکرار انجام شد). نمونه‌های شیر سویا با ماده جامد $0.1 \pm 0.05/8$ برای آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. آنزیم فیسین از دو منبع (آنزیم تجاری و آنزیم استخراج شده در آزمایشگاه) تهیه و برای اصلاح پروتئین‌های سویا مورد استفاده قرار گرفت؛ که هر دو نمونه آنزیمی، حلالیت پروتئین‌های شیر سویای تیمار شده را در همه مقادیر pH در محدوده ۸ - ۳، نسبت به نمونه شیر سویای تیمار نشده، به صورت معنی‌داری افزایش داد. حلالیت پروتئین‌های شیر سویا در pH برابر با ۵ (نقطه ایزوالکتریک پروتئین‌های سویا) و pH برابر با ۷ (pH طبیعی شیر سویا)، پس از تیمار با غلظت ۰/۴ واحد از آنزیم تجاری در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا، به ترتیب از ۱۲/۹۱ و ۵۴/۴۸٪ (در نمونه کنترل)، به ۴۳/۸۱ و ۷۱/۴۴٪ افزایش یافت. حلالیت نمونه‌های تیمار شده با هر غلظت از آنزیم استخراج شده در آزمایشگاه، تقریباً مشابه حلالیت نمونه‌های تیمار شده با آنزیم تجاری با همان غلظت بود. الگوی الکتروفورز نمونه‌ها نشان داد که تیمار نمونه‌ها با فیسین استخراج شده در آزمایشگاه، باعث افزایش شدت باندهای با وزن مولکولی کم در پایین ژل الکتروفورز شده است؛ در حالی که نمونه‌های تیمار شده با آنزیم تجاری به میزان زیادی هیدرولیز شده و هیچ باند مشخصی ایجاد نشده بود (چنین تفاوت‌هایی در حلالیت و الگوی الکتروفورز نمونه‌ها، ممکن است ناشی از وجود ناخالصی‌ها در فیسین استخراج شده در آزمایشگاه باشد). در روش خشک کردن پاششی، از خشک‌کن آزمایشگاهی با جریان ناهمسو و نازل دو سیاله برای انجام فرآیند استفاده گردید. در این تحقیق، تأثیر غلظت آنزیم (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ واحد در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا)، pH (در محدوده ۱۰ - ۳) و دمای هوای ورودی به خشک‌کن ($170 \pm 150^\circ\text{C}$)، بر حلالیت پروتئین‌ها و خواص بازگردانی نمونه‌های پودر، به عنوان متغیرهای آزمایش در نظر گرفته شد. نمونه‌های پودر تولید شده از نظر میزان رطوبت، دانسیته توده، دانسیته ذره، قابلیت پیوستگی و جریان، حلالیت، قابلیت پراکندگی، قابلیت خیس شدن، توزیع اندازه ذرات و تخلخل مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین تصاویر میکروسکوپ الکترونی و نوری از پودرهای تولید شده در شرایط مختلف، تهیه و آنالیز گردید. در روش خشک کردن پاششی، با افزایش دمای هوای ورودی به خشک‌کن، میزان رطوبت، دانسیته، حلالیت، قابلیت پیوستگی، قابلیت خیس شدن و قابلیت پراکندگی کاهش و تخلخل، اندازه ذرات و قابلیت جریان افزایش یافت. سرانجام بر اساس نتایج، پودر تیمار شده با غلظت ۰/۴ واحد آنزیم به ازای هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا، که در دمای 150°C و دبی هوای $400 \text{ m}^3/\text{h}$ تولید شده بود، به عنوان بهترین پودر تولید شده در نظر گرفته شد.

کلید واژگان: شیر سویا، آنزیم فیسین، الگوی الکتروفورز، حلالیت پروتئین، خشک کردن پاششی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

۲	۱-۱- شیر سویا
۳	۱-۱-۱- ترکیب شیر سویا
۴	۱-۲- راه‌های کاهش یا حذف آرومای لوبیایی در شیر سویا
۵	۲-۱- ترکیبات دانه سویا
۶	۱-۲-۱- اهمیت سویا در تغذیه و سلامتی
۸	۲-۲-۱- پروتئین‌های سویا
۱۱	۳-۲-۱- خواص عملکردی پروتئین‌های سویا
۱۲	۴-۲-۱- حلالیت پروتئین‌های سویا
۱۳	۵-۲-۱- تأثیر فرآیند حرارتی بر پروتئین‌ها و سایر ترکیبات سویا
۱۵	۶-۲-۱- روش‌های تولید شیر سویا
۱۸	۳-۱- آنزیم فیسین
۱۸	۴-۱- خشک کردن
۱۹	۱-۴-۱- خشک کردن پاششی
۲۰	۲-۴-۱- نحوه انجام فرآیند در سیستم‌های خشک‌کن پاششی
۲۴	۳-۴-۱- مزایای کلیدی سیستم‌های خشک‌کن پاششی
۲۷	۴-۴-۱- مکانیسم و سرعت خشک کردن
۳۰	۵-۱- اهداف

فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

مروری بر تحقیقات پیشین ۳۲

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۱-۳- مواد شیمیایی مورد نیاز ۴۰

۲-۳- دستگاه‌ها و وسایل مورد نیاز ۴۱

۳-۳- تولید محصولات و آزمایش‌ها ۴۳

۱-۳-۳- تولید شیر سویا ۴۳

۲-۳-۳- اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی شیر سویا و پودر شیر سویا ۴۳

۱-۲-۳-۳- اندازه‌گیری درصد رطوبت شیر سویا ۴۳

۲-۲-۳-۳- اندازه‌گیری درصد چربی ۴۴

۳-۲-۳-۳- اندازه‌گیری میزان خاکستر ۴۴

۴-۲-۳-۳- اندازه‌گیری درصد پروتئین ۴۵

۳-۳-۳- تعیین حلالیت پروتئین ۴۶

۴-۳-۳- خالص‌سازی جزئی آنزیم فیسین ۴۶

۵-۳-۳- تعیین فعالیت آنزیم فیسین ۴۷

۶-۳-۳- تعیین الگوی الکتروفورز پروتئین‌ها قبل و بعد از افزودن آنزیم ۴۷

۷-۳-۳- تیمار نمونه‌ها و تعیین غلظت مناسب آنزیم برای داشتن بالاترین حلالیت

پروتئین‌ها ۵۰

۸-۳-۳- تهیه پودر شیر سویا ۵۱

۹-۳-۳- بررسی خصوصیات پودر تولید شده ۵۱

۱-۹-۳-۳- اندازه‌گیری میزان رطوبت ۵۲

۲-۹-۳-۳- تعیین توزیع اندازه ذرات ۵۲

۳-۹-۳-۳- اندازه‌گیری دانسیته توده و دانسیته‌ی توده‌ای حاصل از ضربه ۵۳

۴-۹-۳-۳- اندازه‌گیری دانسیته ذره ۵۳

۵۴	..... تعیین تخلخل داخل ذره ۳-۳-۹-۵
۵۴	..... اندازه‌گیری قابلیت جریان و پیوستگی ۳-۳-۹-۶
۵۵	..... اندازه‌گیری پراکندگی ذرات ۳-۳-۹-۷
۵۶	..... میکروسکوپ الکترونی (SEM) ۳-۳-۱۰
۵۷	..... میکروسکوپ نوری ۳-۳-۱۱
۵۷	..... تجزیه و تحلیل داده‌ها ۳-۳-۱۲

فصل چهارم: نتایج و بحث

۵۹	..... ۴-۱- نتایج آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی انجام شده روی شیر سویا و پودر شیر سویا ۴-۱-۵۹
۶۱	..... ۴-۲- حلالیت شیر سویا و پودر شیر سویا (بدون افزودن آنزیم) در مقادیر مختلف pH ۴-۲-۶۱
۶۵	..... ۴-۳- تعیین فعالیت آنزیم فیسین ۴-۳-۶۵
۶۵	..... ۴-۴- بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف آنزیم فیسین بر حلالیت پروتئین‌ها در شیر سویا و پودر شیر سویای تولید شده ۴-۴-۶۵
۷۵	..... ۴-۵- تعیین الگوی الکتروفورز نمونه‌های مختلف شیر سویا و پودر شیر سویا ۴-۵-۷۵
۸۰	..... ۴-۶- شرایط فرآیند خشک کردن پاششی ۴-۶-۸۰
۸۱	..... ۴-۷- بررسی توزیع اندازه ذره ۴-۷-۸۱
۸۴	..... ۴-۸- بررسی پارامترهای فیزیکی در پودرهای تولید شده به وسیله خشک‌کن پاششی ۴-۸-۸۴
۸۵	..... ۴-۸-۱- بررسی میزان رطوبت ۴-۸-۱-۸۵
۸۸	..... ۴-۸-۲- بررسی دانسیته توده، دانسیته توده ضربه‌ای، دانسیته ذره و تخلخل ۴-۸-۲-۸۸
۹۰	..... ۴-۸-۳- بررسی قابلیت خیس شدن و پراکندگی ذرات پودر ۴-۸-۳-۹۰
۹۶	..... ۴-۸-۴- بررسی قابلیت جریان ۴-۸-۴-۹۶
۹۸	..... ۴-۸-۵- بررسی میزان پیوستگی ۴-۸-۵-۹۸
۱۰۰	..... ۴-۹- نتایج آزمون میکروسکوپ نوری ۴-۹-۱۰۰
۱۰۲	..... ۴-۱۰- نتایج آزمون میکروسکوپ الکترونی نگاره ۴-۱۰-۱۰۲

صفحه

عنوان

فصل پنجم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادها

۱۰۵	نتیجه گیری کلی
۱۰۸	پیشنهادها
۱۱۰	فهرست منابع
۱۱۹	پیوستها

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱. قسمت‌های اولتراسانتریفیوژی پروتئین‌های سویا.....	۱۰
جدول ۱-۲. مقایسه میزان مصرف انرژی در برخی از روش‌های خشک کردن.....	۲۳
جدول ۱-۳. طبقه‌بندی قابلیت جریان پودر بر اساس اندیس کار (CI).....	۵۵
جدول ۲-۳. طبقه‌بندی پیوستگی پودر بر اساس نسبت هاسنر (HR).....	۵۵
جدول ۱-۴. درصد ترکیبات شیمیایی مختلف در شیر سویای تولید شده.....	۶۰
جدول ۲-۴. درصد ترکیبات شیمیایی مختلف در شیر سویای تجاری.....	۶۰
جدول ۳-۴. درصد ترکیبات شیمیایی مختلف در پودر شیر سویای تولید شده در دمای ۱۵۰ درجه.....	۶۰
جدول ۴-۴. درصد ترکیبات شیمیایی مختلف در پودر شیر سویای تولید شده در دمای ۱۷۰ درجه.....	۶۰
جدول ۴-۵. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های شیر سویا و پودر شیر سویای کنترل.....	۶۴
جدول ۴-۶. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های شیر سویای تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم تجاری در مقایسه با نمونه کنترل.....	۶۹
جدول ۴-۷. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های شیر سویای تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم استخراج شده در آزمایشگاه در مقایسه با نمونه کنترل.....	۷۰
جدول ۴-۸. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های پودر تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم تجاری در مقایسه با نمونه کنترل (تولید شده در دمای ۱۵۰ درجه).....	۷۲
جدول ۴-۹. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های پودر تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم تجاری در مقایسه با نمونه کنترل (تولید شده در دمای ۱۷۰ درجه).....	۷۳
جدول ۴-۱۰. حلالیت پروتئین‌ها در پودر بازسازی شده و تیمار شده با غلظت ۰/۴ واحد آنزیم تجاری (به ازای ۰/۵ گرم پودر) در مقایسه با نمونه کنترل (تولید شده در دمای ۱۵۰ درجه).....	۷۴
جدول ۴-۱۱. مقادیر متغیرهای فرآیند خشک کردن پاششی.....	۸۱
جدول ۴-۱۲. کد گذاری نمونه‌ها برای تعیین توزیع اندازه ذره.....	۸۲
جدول ۴-۱۳. اثر درجه حرارت ورودی بر پارامترهای فیزیکی پودر تولیدی.....	۸۷
جدول ۴-۱۴. بررسی تأثیر تیمار آنزیمی و دمای هوای ورودی به خشک‌کن پاششی بر ویژگی‌های نمونه‌های پودر تولیدی.....	۹۵

فهرست شکل‌ها و نمودارها

صفحه	عنوان
۱۷	شکل ۱-۱. مراحل فرآیند تولید شیر سویا توسط شرکت آلفا لاوال
۲۵	شکل ۱-۲. شماتیک سیستم خشک‌کن پاششی
۲۸	شکل ۱-۳. افشانک‌های چرخشی دیسکی و افشانک نازلی
۲۹	شکل ۱-۴. یک منحنی نمونه برای سرعت خشک شدن یک ماده جاذب رطوبت
۷۸	شکل ۴-۱. الگوی الکتروفورز پروتئین‌های شیر سویای تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم فیسین استخراج شده در آزمایشگاه
۷۹	شکل ۴-۲. الگوی الکتروفورز پروتئین‌های شیر سویای تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم فیسین تجاری
۸۴	نمودار ۴-۱. توزیع اندازه ذرات در نمونه‌های پودر تولید شده
۸۵	شکل ۴-۳. پارامترهای کنترل کننده رطوبت پودر
۱۰۱	شکل ۴-۴. تصاویر میکروسکوپ نوری از نمونه‌های پودر شیر سویا
۱۰۲	شکل ۴-۵. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه‌های پودر شیر سویا

فهرست پیوست

صفحه	عنوان
۱۲۰	نمودار ۱ پیوست. مقایسه حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های شیر سویا و پودر شیر سویای کنترل
۱۲۰	نمودار ۲ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های شیر سویای تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم تجاری در مقایسه با نمونه کنترل.....
۱۲۱	نمودار ۳ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های شیر سویای تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم استخراج شده در آزمایشگاه در مقایسه با نمونه کنترل.....
۱۲۱	نمودار ۴ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های پودر تولیدی از شیر سویای تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم تجاری در مقایسه با نمونه کنترل (در دمای ۱۵۰ درجه).....
۱۲۲	نمودار ۵ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه‌های پودر تولیدی از شیر سویای تیمار شده با غلظت‌های مختلف آنزیم تجاری در مقایسه با نمونه کنترل (در دمای ۱۷۰ درجه).....
۱۲۲	نمودار ۶ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه شیر سویای کنترل.....
۱۲۳	نمودار ۷ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در پودر شیر سویای کنترل (در دمای ۱۵۰ درجه).....
۱۲۳	نمودار ۸ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در پودر شیر سویای کنترل (در دمای ۱۷۰ درجه).....
۱۲۴	نمودار ۹ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۲ واحد از آنزیم تجاری در هر ۱۰ میلی‌لیتر.....
۱۲۴	نمودار ۱۰ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در پودر تولیدی از شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۲ واحد از آنزیم تجاری در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا (در دمای ۱۵۰ درجه).....
۱۲۵	نمودار ۱۱ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در پودر تولیدی از شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۲ واحد از آنزیم تجاری در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا (در دمای ۱۷۰ درجه).....
۱۲۵	نمودار ۱۲ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۴ واحد از آنزیم تجاری در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا.....

- نمودار ۱۳ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در پودر تولیدی از شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۴ واحد از آنزیم تجاری در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا (در دمای ۱۵۰ درجه)..... ۱۲۶
- نمودار ۱۴ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در پودر تولیدی از شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۴ واحد از آنزیم تجاری در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا (در دمای ۱۷۰ درجه)..... ۱۲۶
- نمودار ۱۵ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۶ واحد از آنزیم تجاری در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا..... ۱۲۷
- نمودار ۱۶ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در پودر تولیدی از شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۶ واحد از آنزیم تجاری در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا (در دمای ۱۵۰ درجه)..... ۱۲۷
- نمودار ۱۷ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در پودر تولیدی از شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۶ واحد از آنزیم تجاری در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا (در دمای ۱۷۰ درجه)..... ۱۲۸
- نمودار ۱۸ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۲ واحد از آنزیم استخراج شده در آزمایشگاه در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا..... ۱۲۸
- نمودار ۱۹ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۴ واحد از آنزیم استخراج شده در آزمایشگاه در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا..... ۱۲۹
- نمودار ۲۰ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در نمونه شیر سویای تیمار شده با غلظت ۰/۶ واحد از آنزیم استخراج شده در آزمایشگاه در هر ۱۰ میلی‌لیتر شیر سویا..... ۱۲۹
- نمودار ۲۱ پیوست. حلالیت پروتئین‌ها در پودر شیر سویای بازسازی شده و تیمار شده با غلظت ۰/۴ واحد از آنزیم تجاری به ازای هر ۰/۵ گرم پودر..... ۱۳۰
- نمودار ۲۲ پیوست. قابلیت پراکندگی نمونه‌های مختلف پودر..... ۱۳۱
- نمودار ۲۳ پیوست. قابلیت خیس شدن نمونه‌های مختلف پودر..... ۱۳۱

فصل اول

مقدمه

۱-۱- شیر سویا

شیر سویا برای مدت طولانی به عنوان یک منبع مهم از پروتئین‌های دارای کیفیت بالا در رژیم غذایی مردم مشرق زمین استفاده شده است و در کشورهای غربی به عنوان جایگزینی مهم و ارزان قیمت برای شیر گاو مورد استفاده قرار گرفته است (Rosenthal *et al.*, 2003). افزایش جمعیت جهان و کاهش ذخایر رایج منابع پروتئینی مانند شیر خشک باعث گسترش سوء تغذیه شده است. این وضعیت باعث افزایش تقاضا برای پروتئین‌های گیاهی مانند حبوبات گردیده است. سویا به خاطر دارا بودن میزان بالای پروتئین و روغن با کیفیت و نیز قیمت نسبتاً پایین آن، بسیار مورد توجه قرار گرفته است و به همین دلیل سویا به یک منبع پروتئینی مهم برای جهانیان تبدیل شده است (Wolf and Cowan, 1975). تولید و مصرف شیر سویا نه تنها به خاطر افزایش تمایل مصرف کنندگان به این نوشیدنی پروتئینی، بلکه به خاطر استفاده از آن در تولید سایر محصولات غذایی در حال افزایش می‌باشد و از میان محصولات تولید شده از سویا، این محصول نتایج امید بخشی را برای استفاده به عنوان جایگزین شیر لبنی نشان داده است (Malaki-Nik *et al.*, 2008). به علاوه با افزایش آگاهی مصرف کنندگان نسبت به مسائل مربوط به سلامت و در جست و جوی جایگزینی مناسب برای محصولات لبنی، استقبال از شیر سویا بیش از پیش افزایش یافته است. به طور کلی شیر سویا، عصاره استخراج شده از سویا به کمک آب می‌باشد که به میزان زیادی از نظر ترکیب و

ظاهر شبیه شیر گاو است (Liu, 1997). تولید چنین نوشیدنی‌هایی از سویا به ویژه در مناطقی که تولید شیر گاو پایین است، یا برای افراد مبتلا به عدم تحمل لاکتوز^۱ و نیز کسانی که به شیر گاو آلرژی دارند، مناسب است و می‌تواند به عنوان یک نوشیدنی با ارزش از نظر سلامتی و جایگزینی مناسب برای شیر گاو استفاده شود (Nelson *et al.*, 1975; 1976). حتی می‌توان از آن برای تغذیه کودکانی که از سوء تغذیه ناشی از کمبود شیر گاو رنج می‌برند، به صورت غنی شده^۲ استفاده کرد (Ang *et al.*, 1999). سویا دارای مقدار زیاد پروتئین‌های با کیفیت و روغن حاوی اسیدهای چرب غیر اشباع است و پروتئین‌های آن به عنوان یکی از متداول‌ترین منابع پروتئین گیاهی در فرمولاسیون محصولات غذایی استفاده می‌شوند (Rhee, 1994). اگر بتوانیم پودر شیر سویای محلول تهیه کنیم، محصول تولیدی به خاطر داشتن ماندگاری بالاتر و نیز هزینه‌های حمل و نقل پایین‌تر نسبت به شیر سویای پاستوریزه، بسیار مطلوب‌تر خواهد بود (Jinapong *et al.*, 2008).

۱-۱-۱- ترکیب شیر سویا

به طور متوسط شیر سویا دارای ۱۲ - ۸٪ مواد جامد می‌باشد که بسته به نسبت آب به سویای مصرفی تغییر می‌کند. در میان ترکیبات شیر سویا، پروتئین حدود ۳/۶٪، چربی ۳/۲ - ۲٪، کربوهیدرات ۳/۹ - ۲/۹٪ و خاکستر حدود ۰/۵٪ می‌باشد که با ترکیب شیر گاو و شیر انسان قابل مقایسه است. مقادیر این ترکیبات در پودر شیر سویا بالاتر است. ترکیب شیر سویا بسته به فرمولاسیون ساخت آن تا حدودی متغیر است؛ چرا که اغلب تولید کنندگان برای بهبود ارزش تغذیه‌ای و نیز به خاطر مطلوب‌تر شدن عطر و مزه آن ترکیبات مختلفی را به شیر سویا اضافه می‌کنند. به طور معمول به شیر سویای خام ترکیباتی چون ویتامین‌ها، شکر، عصاره مالت، انواع شیرین کننده‌ها و مواد عطر و طعم دهنده اضافه می‌شود. فرمولاسیون و غنی کردن شیر سویا یکی از فاکتورهای کلیدی برای داشتن بازارپسندی و اقبال گسترده است؛ و بسته به نوع ترکیبات مورد استفاده، عطر و طعم خاصی در محصول ایجاد می‌کند که هر طعمی مورد پسند گروه خاصی از

^۱ - lactose intolerance
^۲ - fortified

مصرف کنندگان خواهد بود. علاوه بر فرموله کردن، شیر سویایی که قرار است برای نوزادان یا برای مصارف عمومی در کشورهای در حال توسعه تولید شود، معمولاً با ویتامین‌ها، املاح معدنی و در برخی موارد با آمینواسیدها غنی می‌شود. بیشترین مواد مغذی برای فرموله کردن شیر سویا ویتامین B₁₂، کلسیم و متیونین هستند (Ang *et al.*, 1999).

۱-۲-۱- راه‌های کاهش یا حذف آرومای لوبیایی در شیر سویا

تحقیقات متعددی که برای مشخص کردن عامل ایجاد عطر و آرومای لوبیایی هنگام تولید شیر سویا انجام شده، نشان داده‌اند که آرومای لوبیایی در اصل ناشی از پراکسیداسیون اسیدهای چرب دارای چند باند دوگانه و یا استرهای آن‌ها می‌باشد که توسط آنزیم لیپوکسیژناز کاتالیز می‌شود. این واکنش تعداد زیادی ترکیبات فرار شامل کتون‌ها، آلدهیدها و الکل‌ها را تولید می‌کند که اغلب آن‌ها باعث ایجاد عطر و بوی نامطلوب می‌شوند (Guerrero-Beltran *et al.*, 2009). بر این اساس دو روش برای جلوگیری از تشکیل آرومای لوبیایی با غیرفعال کردن آنزیم گسترش یافته‌اند:

- استفاده از روش خرد کردن (آسیاب) داغ^۱

- انجام عمل پیش آنزیم بری^۲

در روش آسیاب کردن داغ، دانه‌های سویای خیس نخورده و پوست گیری شده، در یک آسیاب همراه با آب داغ حرارت داده شده، پخته و خرد می‌شوند و دوغاب تولیدی به مدت ۵ - ۳ دقیقه در محدوده دمایی ۸۰ - ۱۰۰ °C نگه داشته می‌شود تا آنزیم لیپوکسیژناز غیرفعال شود. سپس شیر سویا در یک دیگ مجهز به جکتهای بخار به مدت ۱۰ دقیقه هم زده و جوشانده می‌شود و در نهایت به کمک سانتریفیوژ یا فیلتر پرس، فیلتر می‌شود.

در روش پیش آنزیم‌بری، آنزیم‌بری دانه‌های سویای خیس خورده در آب جوش به مدت ۱۰ دقیقه، و یا با قرار دادن دانه‌های خشک سویا به طور مستقیم در آب داغ به مدت ۲۰ دقیقه انجام می‌شود. در هر دو حالت فوق، سویا آب جذب کرده و آنزیم‌ها نیز غیرفعال می‌گردند. سپس

^۱ - hot grinding

^۲ - preblanching method

دانه‌های سویای خیس خورده و آنزیم‌بری شده را از آب بلانچینگ جدا و خرد کرده، تفاله را از دوغاب حاصل جدا نموده و به مقدار لازم آب اضافه می‌شود تا محصول با ۱۲٪ مواد جامد به دست آید. در تکنیک‌های مدرن تولید شیر سویا، چند مرحله کلیدی اضافه و یا تغییر داده شده‌اند تا اینکه طعم و آرومای لوبیایی در محصول کاهش و بازده تولید، کیفیت محصول و بازار پسندی آن افزایش یابد. چند روش کلی برای کاهش و یا حذف آرومای خاص شیر سویا پیشنهاد شده است که عبارتند از:

- جلوگیری از تولید آرومای لوبیایی در محصول (به ویژه با کمک فرآیند حرارتی)

- خارج کردن مواد فرار عامل ایجاد عطر و بوی نامطلوب در محصول

- پوشاندن و کاهش اثر عوامل ایجاد کننده آرومای نامطلوب به کمک مواد عطر و طعم دهنده مناسب (Ang and Liu, 1999).

به علاوه، روش‌های دیگری نیز برای کاهش یا جلوگیری از تولید آرومای لوبیایی در شیر سویا از قبیل خیساندن دانه‌های سویا در محلول اتانول و استفاده از بیکربنات سدیم (و یا کربنات سدیم) هنگام آسیاب کردن دانه‌های سویا پیشنهاد شده‌اند. یکی از موانع افزایش مصرف و بازار پسندی شیر سویا، تولید عطر و آرومای لوبیایی در آن است (Ang and Kwik, 1985).

۱-۲- ترکیبات دانه سویا

لوبیای سویا حاوی مقادیر بالای پروتئین و چربی و نیز تعدادی از ویتامین‌ها و املاح معدنی مهم می‌باشد و به عنوان یکی از سودمندترین ترکیبات غذایی با منشأ گیاهی شناخته می‌شود. در میان غلات و گونه‌های بقولات، سویا بالاترین میزان پروتئین را دارد (حدود ۴۰٪ ماده خشک). سایر بقولات محتوای پروتئینی در حدود ۳۰ - ۲۰٪ و غلات در حدود ۱۵ - ۸٪ دارند. همچنین دانه سویا حدود ۲۰٪ روغن دارد، یعنی دومین ذخیره روغن در میان همه حبوبات و بقولات غذایی بعد از بادام زمینی با ۴۸٪ روغن را دارد و به عنوان یک دانه روغنی نیز استفاده می‌شود. ترکیب مهم

دیگر در سویا کربوهیدرات است که مقدار آن تا ۳۵٪ می‌رسد و به عنوان یک منبع اصلی فیبر در رژیم غذایی شناخته می‌شود (Ang *et al.*, 1999). سایر ترکیبات ارزشمند یافت شده در لوبیای سویا شامل فسفولیپیدها، ویتامین‌ها، املاح معدنی و برخی ترکیبات شیمیایی^۱ هستند که برای سلامتی انسان مفید هستند و از میان این ترکیبات فعال زیستی، ایزوفلاون‌ها بیشترین توجه را به خود جلب کرده‌اند؛ چرا که بسیاری بر این باورند که ایزوفلاون‌ها خاصیت آنتی‌اکسیدانی (ضد سرطان) دارند. ۱۲ نوع ایزوفلاون در سویا شناسایی شده است که در این میان آگلیکون‌ها در بدن انسان فعالیت زیستی بالاتری دارند (Ishihara *et al.*, 2007). پروتئین و روغن موجود در سویا علاوه بر اینکه مقدارشان بالاست دارای کیفیت بالایی نیز هستند. بیشترین میزان اسید چرب در روغن سویا لینولئیک اسید با ۳۵٪ کل اسیدهای چرب است و بعد از آن به ترتیب اولئیک اسید ۲۳٪، پالمیتیک اسید ۱۱٪، لینولنیک اسید ۸٪ و استئاریک اسید حدود ۴٪ هستند. لذا روغن سویا از نقطه نظر سلامتی مفید و دارای مقادیر بالاتری از اسیدهای چرب دارای یک یا چند باند دوگانه می‌باشد. بخشی از ترکیبات پروتئینی دانه سویا بازدارنده‌های تریپسین می‌باشند که در حالت طبیعی از نظر تغذیه‌ای مضر هستند و باید غیرفعال گردند اما حدود ۲/۵٪ محتوای پروتئینی سویا را تشکیل می‌دهند و ۴۰ - ۳۰٪ آمینواسید سیستین موجود در سویا در این ترکیبات قرار دارد. لذا پیشنهاد شده است فرآیند حرارتی به گونه‌ای باشد که در عین حال که درصد بالایی از این ترکیبات را غیر فعال می‌کند، باعث از بین رفتن این مواد پروتئینی نگردد تا هنگام مصرف برای بدن قابل استفاده باشند (Weingartner *et al.*, 1978; Ang *et al.*, 1999).

۱-۲-۱- اهمیت سویا در تغذیه و سلامتی

دانه سویا سرشار از آمینواسید لیزین، ایزوفلاون‌ها، برخی از ویتامین‌های گروه B و یکی از غنی‌ترین منابع فولیک اسید می‌باشد و از همین رو تمایل به مصرف محصولات تولید شده از آن، به ویژه شیر سویا، در غرب به طور پیوسته در حال افزایش بوده است (Arcot *et al.*, 2002). روغن سویا نه تنها

^۱ - phytochemicals

انرژی مورد نیاز و اسیدهای چرب ضروری برای بدن را فراهم می‌کند بلکه به کاهش خطر بیماری‌های قلبی از طریق پایین آوردن کلسترول در سرم خون نیز کمک می‌کند. پروتئین سویا حاوی تمام آمینواسیدهای ضروری شامل ایزولوسین، لوسین، لیزین، متیونین، سیستئین، فنیل آلانین، تیروزین، ترئونین، تریپتوفان، والین و هیستیدین می‌باشد. اغلب این آمینواسیدها در مقادیر نزدیک به مقدار مورد نیاز برای انسان در پروتئین سویا وجود دارند. تنها آمینواسیدهای محدود کننده، آمینواسیدهای حاوی سولفور به ویژه متیونین و سیستئین هستند. قبلاً برای ارزیابی کیفیت پروتئین از اندیس کارایی پروتئین^۱ استفاده می‌شد که کیفیت واقعی پروتئین‌ها را نشان نمی‌داد. در سال‌های اخیر روش دیگری توسط سازمان غذا و داروی آمریکا^۲ برای ارزیابی کیفیت پروتئین مورد استفاده قرار گرفته است که به اختصار PDCAAS^۳ نام دارد. در این روش الگوی آمینواسیدهای ضروری در یک پروتئین با نیازهایی که افراد برای آمینواسیدهای ضروری دارند، مقایسه می‌شود. به عبارت دیگر، این روش مقدار یک آمینواسید محدود کننده ضروری در یک پروتئین را با میزان نیاز افراد به آن آمینواسید ضروری مقایسه می‌کند. بر اساس این روش، پروتئین سویا امتیازی نزدیک به یک دارد که در رتبه‌ای مشابه پروتئین‌های حیوانی از قبیل سفیده تخم مرغ و کازئین قرار می‌گیرد (Ang et al., 1999). یکی از دلایل عمده افزایش مصرف محصولات سویا و به ویژه شیر سویا در غرب، آگاه شدن افراد نسبت به خواص تغذیه‌ای فراوان این محصولات است. محصول شیر سویا حاوی مقادیر زیادی پروتئین، آهن، اسیدهای چرب غیراشباع و نیاسین بوده و مقدار تیامین و ریبوفلاوین موجود در آن نیز نزدیک به مقدار موجود در شیر گاو می‌باشد. همچنین عاری از لاکتوز و کلسترول و حاوی ترکیبات شیمیایی خاصی^۴ می‌باشد که برای سلامتی مفید هستند، و لذا به عنوان یک محصول غذایی مفید برای سلامتی استفاده می‌شود (Liu, 1997). تحقیقات زیادی در مورد تأثیر مصرف سویا و محصولات تولید شده از آن بر سلامتی انسان صورت گرفته است که نتایج این تحقیقات آثار مثبت استفاده از سویا در رژیم غذایی را نشان داده‌اند. برخی از این آثار مفید که

^۱ - Protein Efficiency Ratio (PER)

^۲ - Food and Drug Administration (FDA)

^۳ - Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score

^۴ - Phytochemicals