به نام خداوند جان آفرین
حکیم سخن در زبان آفرین

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دانشکده مهندسی علوم و صنایع غذایی

پایان‌نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)
در رشته مهندسی صنایع غذایی

عنوان:

بررسی تاثیر فرآیند فراصوت بر جذب آب نخود و لوبیاچیتی

پژوهش و نگارش:
عباس رنجبری

اساتید راهنما:
مهدی کاشانی نژاد
مهران اعلمی

اساتید مشاور:
مرتضی خُمیری

بهار ۸۹

«تعهدنامه»

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی-پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به‌منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان‌نامه خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.
۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
۳) انتشار نتایج پایان‌نامه باید با اطلاع و کسب اجازه استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب دانشجوی رشته مقطع کارشناسی ارشد

تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

چکیده

حبوبات پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی بشر محسوب می‌شوند. خیساندن دانه‌ها بخشی جدا ناپذیر از عملیات هایی نظیر پختن، جوانه زنی و تخمیر می‌باشد که معمولا در فرآوری حبوبات صورت می‌پذیرد. در این تحقیق تأثیر پیش تیمار فراصوت بر سینتیک جذب آب دانه نخود و لوبیا چیتی مورد بررسی قرار گرفت و مدل‌سازی جذب آب بر داده‌های آزمایشگاهی برازش داده شد. اثر پارامترهای توان فراصوت (٤٠، ٧٠ و١٠٠ وات)، زمان در معرض قرارگیری فراصوت (٣و ١٠ دقیقه) و دماهای (٢٥، ٣٠، ٤٠، ٥٠ و ٦٠ ℃) بر فاکتورهای مختلف، شامل: محتوای رطوبتی اولیه و نهایی و میزان اتلاف مواد جامد و ضریب هدایت الکتریکی طی زمان (١٠ ساعت) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پیش تیمار فراصوت به طور موثری می‌تواند زمان خیساندن دانه‌ها را کاهش دهد. با افزایش توان فراصوت، زمان در معرض قرارگیری فراصوت و دما، مدت زمان خیساندن دانه‌ها تا رسیدن به محتوای رطوبت اشباع نسبت به دانه‌های تحت تیمار قرار نگرفته کاهش یافت و دارای تفاوت معنی-دار بود($P <$ ٠/٠٥). سه مدل پلگ، پیج و لگاریتمی برای توصیف رفتار جذب آب دو دانه بکار برده شد و بر اساس سه شاخص آماری ضریب تعیین (R^2)، ریشه متوسط مربع خطای داده‌ها (RMSE) و میانگین ضریب انحراف نسبی (P) با هم مقایسه شدند. طبق نتایج به دست آمده مدل پلگ منحنی سینتیک جذب آب دو دانه نخود واریته آرمان و لوبیا چیتی واریته خمین را در دماهای مختلف، نسبت به دو مدل دیگر بهتر برآورد کرد. با افزایش دما از ٢٥ به٦٠ درجه سانتی گراد ضریب نرخ ثابت k_1 پلگ دارای روند کاهشی از $١٠/٨ \times ١٠^{-٣}$ تا $٠/٩٩ \times ١٠^{-٣}$ و $٩/٠٧ \times ١٠^{-٢}$ تا $٠/٥٦ \times ١٠^{-٢}$ (درصد / ساعت) به ترتیب برای دانه نخود و لوبیا چیتی بود. همچنین ضریب نرخ ثابت k_2 پلگ، با افزایش دما از ٢٥ به٦٠ درجه سانتی گراد، دارای روند افزایشی از $٦/٣٣ \times ١٠^{-٣}$ تا $٩/٨٥ \times ١٠^{-٣}$ و $١/٢٤ \times ١٠^{-٣}$ تا $٩/٤٦ \times ١٠^{-٣}$ (درصد /١) به ترتیب برای دانه نخود و لوبیا چیتی بود. میزان اتلاف مواد جامد و ضریب هدایت الکتریکی نیز با افزایش دما به طور معنی‌داری افزایش یافت. با افزایش دما از ٢٥ به ٦٠ $^{\circ}C$ میزان اتلاف مواد جامد و ضریب هدایت الکتریکی به ترتیب از ١/٦٦ گرم در صد گرم و ٣٦٧ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود برای دانه نخود و ١/٣٤ گرم در صد گرم و ٣٠٩ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود برای دانه لوبیاچیتی مربوط به تیمار توان ١٠٠ وات، ١٠ دقیقه و دمای ٢٥ $^{\circ}C$، به ١٢/٢٧ گرم در صد گرم و ١٨٦٧ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود برای دانه نخود و ١١/٣٢ گرم در صد گرم و ١٦٩٠ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود برای دانه لوبیاچیتی مربوط به تیمار توان ٤٠ وات، ٣ دقیقه و دمای ٦٠ $^{\circ}C$ افزایش یافت.

کلمات کلیدی: نخود، لوبیا چیتی، پیش تیمار فراصوت، خیساندن، مدل‌سازی

فهرست مطالب

۱-مقدمه ۱
۱-۱- سطح زیر کشت، تولید و عملکرد حبوبات در جهان و ایران ۲
۱-۲- اهمیت تغذیه ای حبوباب ۳
۱-۳- ترکیبات دانه حبوبات..... ٤
۱-٤- ترکیبات ضد تغذیه ای در حبوبات ٥
۱-٥- روش های از بین بردن یا کاهش مواد تغذیه ای در حبوبات ٦
۱-٦- روش های معمول مصرف و فرآیند پس از برداشت حبوبات ۷
۱-٦-۱-خیساندن حبوبات..... ۷
۱-۷- تکنولوژی فراصوت ۹
۱-۷-۱- تعریف امواج فراصوت ۹
۱-۷-۲- کاویتاسیون و عوامل موثر بر آن..... ۱۰
۱-۷-۳- ساختمان ماشین آلات مولد امواج فراصوت ۱۱
۱-۷-٤- انواع روش های کاربرد فراصوت (روش های ترکیبی)..... ۱۲
۱-۷-٥- کاربرد امواج فراصوت (فراصوت) در فرآیند های مواد غذایی ۱۳
۱-۸- ضرورت انجام تحقیق ۱۸
۱-۹- اهداف تحقیق ۲۰
۱-۱۰- سوالات تحقیق..... ۲۰
۱-۱۱- فرضیات تحقیق ۲۱
۲- سابقه تحقیق ۲۳
۲-۱- فرایند جذب آب دانه ها ۲۳
۲-۲- فرآیند فراصوت ۲۷
۳- مواد و روش ها..... ۳۱
۳-۱- زمان و مکان تحقیق ۳۱

۳-۲- تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق ۳۱
۳-۳- نمونه های حبوبات ۳۱
۳-٤- روش انجام تحقیق ۳۲
۳-٤-۱- آماده سازی نمونه ها ۳۲
۳-٤-۲- روش اعمال پیش تیمار فراصوت ۳۲
۳-٤-۳- فرآیند خیساندن ۳۳
۳-٤-٤- اندازه گیری مواد جامد خارج شده ۳٤
۳-٤-٥- اندازه گیری ضریب هدایت الکتریکی ۳٥
۳-٥- متغیرهای مورد بررسی در قالب یک مدل مفهومی ۳٦
۳-٦- مدل سازی ریاضی منحنی جذب آب ۳٦
۳-٦-۱- مدل پلگ ۳٦
۳-٦-۲- معادلات نیمه تئوری ۳۷
۳-٦-۲-۱- مدل پیج ۳۹
۳-٦-۲-۲- مدل لگاریتمی ٤۰
۳-۷- روش تجزیه و تحلیل آماری ٤۰
٤- نتایج ٤۲
٤-۱- ترکیبات شیمایی نخود و لوبیاچیتی ٤۲
٤-۱-۱- رطوبت ٤۲
٤-۱-۲- چربی ٤۳
٤-۱-۳- پروتئین ٤۳
٤-۱-٤- خاکستر ٤۳
٤-۱-٥- فیبر ٤۳
٤-۲- بررسی رفتار جذب آب توسط دانه های حبوبات ٤۳
٤-۳- محتوای رطوبت اولیه ٤٥
٤-۳-۱- اثر پارامتر توان ما فوق صوت ٤٥

٤-٣-٢- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری امواج فراصوت ٤٦
٤-٣-٣ اثرات متقابل توان- زمان بر محتوای رطوبت اولیه ٤٧
٤-٤- محتوای رطوبت نهایی ٤٩
٤-٤-١- اثر پارامتر توان ٤٩
٤-٤-٢- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری امواج فراصوت ٥٠
٤-٤-٣- اثر پارامتر دمای خیساندن ٥١
٤-٤- ٤- اثرات متقابل توان- زمان- دمای خیساندن بر محتوای رطوبت نهایی ٥٣
٤-٥- اتلاف مواد جامد ٥٥
٤-٥-١ اثر پارامتر توان ٥٥
٤-٥-٢- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری امواج فراصوت ٥٦
٤-٥-٣- اثر پارامتر دمای خیساندن ٥٨
٤-٥- ٤- اثرات متقابل توان- زمان - دمای خیساندن بر میزان اتلاف مواد جامد ٥٩
٤-٦- ضریب هدایت الکتریکی ٦١
٤-٦-١ اثر پارامتر توان فراصوت ٦١
٤-٦-٢ اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری امواج فراصوت ٦٣
٤-٦-٣- اثر دمای خیساندن ٦٤
٤-٦-٤- اثرات متقابل توان فراصوت- دمای خیساندن بر ضریب هدایت الکتریکی ٦٦
٤-٦-٥- اثرات متقابل پارامتر زمان در معرض قرارگیری فراصوت- دمای خیساندن بر ضریب هدایت الکتریکی ٦٧
٤-٧- ارتباط بین اتلاف مواد جامد و ضریب هدایت الکتریکی ٦٩
٤-٨- مدل سازی ریاضی منحنی جذب آب ٧١
٥- بحث و نتیجه گیری ٧٩
٥-١- اثر پیش تیمار فراصوت بر محتوای رطوبتی اولیه ٧٩
٥-٢- سینتیک جذب آب لوبیا چیتی در حین فرآیند خیساندن ٨٠
٥-٣- اتلاف مواد جامد و ضریب هدایت الکتریکی ٨٣

۵-٤- مدل سازی ریاضی منحنی جذب آب ۸۵
۵-٤-۱- مدل پلگ ۸۵
۵-٤-۲- مدل پیج و مدل لگاریتمی ۸٦
نتیجه گیری کلی ۸۷
پیشنهادات ۸۸
منابع و مراجع ۸۹
پیوست ۸۹

فهرست جدول‌ها

جدول ٤-١- میانگین ویژگی های شیمیایی ارقام دانه حبوبات در صد گرم دانه خشک ٤٢
جدول ٤-٢ تاثیر پارامترهای فراصوت، زمان معرض قرارگیری امواج فراصوت بر محتوای رطوبت اولیه دانه نخود ٤٨
جدول ٤-٣- تاثیر پارامترهای توان، زمان معرض قرارگیری امواج فراصوت بر محتوای رطوبت اولیه دانه لوبیا چیتی ٤٨
جدول ٤-٤- تاثیر پارامترهای توان فراصوت، زمان معرض قرارگیری فراصوت و دمای خیساندن بر محتوای رطوبت نهایی دانه نخود و لوبیاچیتی ٥٣
جدول ٤-٥- تاثیر پارامترهای توان فراصوت، زمان معرض قرارگیری فراصوت و دمای خیساندن بر اتلاف مواد جامد دانه نخود و لوبیاچیتی ٦٠
جدول ٤-٦- مقادیر ثابت و ضرایب مدل های پلگ، پیج و لگاریتمی برای دانه نخود در تیمارهای مختلف ٧١
جدول ٤-٧- مقادیر ثابت و ضرایب مدل های پلگ، پیج و لگاریتمی برای دانه لوبیاچیتی در تیمارهای مختلف... ٧٢
جدول ٤-٨- نتایج آماری برازش دادههای آزمایشگاهی به مدل های مختلف دانه نخود ٧٤
جدول ٤-٩- نتایج آماری پرازش دادههای آزمایشگاهی به مدل های مختلف دانه لوبیاچیتی ٧٥

فهرست شکل‌ها

شکل۱-۱- محدوده امواج صوتی ۱۰
شکل ۱-۲- اجزای مولد فراصوت در سامانه پروب ۱۲
شکل ۳-۱- سامانه پروب فراصوت ۳۳
شکل ۳-۲- دستگاه کنداکتومتر ۳۵
شکل ۳-۳- شمای کلی مراحل انجام تیمارها ۳۶
شکل ٤-۱- مقایسه منحنی جذب آب بر اساس داده های آزمایشگاهی و مدل پلگ توسط دانه‌های نخود بدون اعمال تیمار فراصوت ٤٤
شکل ٤-۲- مقایسه منحنی جذب آب بر اساس داده های آزمایشگاهی و مدل پلگ توسط دانه های لوبیاچیتی بدون اعمال تیمار فراصوت ٤٤
شکل ٤-۳- اثر پارامتر توان ما فوق صوت بر محتوای رطوبت اولیه دانه های نخود (٪) ٤٥
شکل ٤-٤- اثر پارامتر توان ما فوق صوت بر محتوای رطوبت اولیه دانه های لوبیاچیتی (٪) ٤٦
شکل ٤-٥- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری امواج فراصوت بر محتوای رطوبت اولیه دانه های نخود (٪) ٤٦
شکل ٤-٦- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری امواج فراصوت بر محتوای رطوبت اولیه دانه های نخود (٪) ٤٧
شکل ٤-۷- اثر پارامتر توان ما فوق صوت بر محتوای رطوبت نهایی دانه های نخود (٪) ٤٩
شکل ٤-۸- اثر پارامتر توان ما فوق صوت بر محتوای رطوبت نهایی دانه های لوبیاچیتی (٪) ٥٠
شکل ٤-۹- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری امواج فراصوت بر محتوای رطوبت نهایی دانه های نخود (٪) ... ٥٠
شکل ٤-۱۰- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری امواج فراصوت بر محتوای رطوبت نهایی دانه های لوبیاچیتی (٪) ٥١
شکل ٤-۱۱- اثر پارامتر دمای خیساندن بر محتوای رطوبت نهایی دانه های نخود (٪) ٥٢
شکل ٤-۱۲- اثر پارامتر دمای خیساندن بر محتوای رطوبت نهایی دانه های لوبیاچیتی (٪) ٥٢
شکل ٤-۱۳- اثر پارامتر توان بر میزان اتلاف مواد جامد در دانه نخود ٥٥
شکل ٤-۱٤- اثر پارامتر توان بر میزان اتلاف مواد جامد در دانه لوبیاچیتی ٥٦
شکل ٤-۱٥- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری فراصوت بر میزان اتلاف مواد جامد در دانه نخود ٥٧
شکل ٤-۱٦- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری فراصوت بر میزان اتلاف مواد جامد در دانه لوبیاچیتی ٥٧

شکل ٤-١٧- اثر پارامتر دمای خیساندن بر میزان اتلاف مواد جامد دانه های نخود بر حسب گرم در صد گرم (٪) ٥٨
شکل ٤-١٨- اثر پارامتر دمای خیساندن بر میزان اتلاف مواد جامد دانه های لوبیاچیتی بر حسب گرم در صد گرم (٪) ٥٩
شکل ٤-١٩- اثر پارامتر توان بر ضریب هدایت الکتریکی دانه نخود ٦٢
شکل ٤-٢٠- اثر پارامتر توان بر ضریب هدایت الکتریکی دانه لوبیاچیتی ٦٢
شکل ٤-٢١- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری فراصوت بر ضریب هدایت الکتریکی دانه نخود ٦٣
شکل ٤-٢٢- اثر پارامتر زمان در معرض قرارگیری فراصوت بر ضریب هدایت الکتریکی دانه لوبیاچیتی ٦٤
شکل ٤-٢٣- اثر پارامتر دمای خیساندن بر ضریب هدایت الکتریکی دانه های نخود ٦٥
شکل ٤-٢٤- اثر پارامتر دمای خیساندن بر ضریب هدایت الکتریکی دانه های لوبیاچیتی ٦٥
شکل ٤-٢٥- اثرات متقابل توان فراصوت- دمای خیساندن بر ضریب هدایت الکتریکی دانه نخود ٦٦
شکل ٤-٢٦- اثرات متقابل توان فراصوت- دمای خیساندن بر ضریب هدایت الکتریکی دانه لوبیاچیتی ٦٧
شکل ٤-٢٧- اثرات متقابل زمان در معرض قرارگیری فراصوت - دمای خیساندن بر ضریب هدایت الکتریکی دانه نخود ٦٨
شکل ٤-٢٨- اثرات متقابل زمان در معرض قرارگیری فراصوت - دمای خیساندن بر ضریب هدایت الکتریکی دانه لوبیاچیتی ٦٩
شکل ٤-٢٩- همبستگی اتلاف مواد جامد و ضریب هدایت الکتریکی دانه نخود ٧٠
شکل ٤-٣٠- همبستگی اتلاف مواد جامد و ضریب هدایت الکتریکی دانه لوبیاچیتی ٧٠

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱- مقدمه

گیاهان مهمترین منبع تأمین غذا برای انسان‌ها هستند. سهم محصولات گیاهی از کل محصولات برداشت شدهٔ غذای جهان حدود ۸۲ درصد و سهم فرآورده‌های جانوری و دریایی تنها ۱۷ درصد می‌باشد. تولید متوسط پروتئین خوراکی از منابع گیاهی چهار برابر منابع حیوانی است. در بین گیاهان نیز حبوبات غنی‌ترین منبع پروتئین محسوب گشته و پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی بشر می‌باشند (دربیشر و همکاران، ۱۹٦۷).

حبوبات به عنوان یک محصول اصلی یا فرعی در همه مناطق کشاورزی دنیا کشت می‌شوند و به دلیل توانایی در تثبیت نیتروژن اتمسفر، در سیستم کشت تناوبی از اهمیت زیادی برخوردارند. استفاده از آنها هم برای غذای انسان و هم خوراک حیوانات اهلی صورت می‌گیرد و مصارف دیگری همانند تهیه مواد دارویی نیز دارند. علاوه بر قسمت‌های مختلف دانه (همانند لپه‌ها و جوانه)، روغن و پروتئین نیز ممکن است از بخش‌های مختلف آن استخراج شده و مورد استفاده قرار گیرد. این گیاهان متعلق به خانواده فاباسه[1](بقولات) و زیرخانواده پاپیلیونوئیدها[2] (پروانه آسایان) هستند و دارای انواع بسیار زیادی می‌باشند. ۱۰ نوع مهم آنها که به طور گسترده تولید شده و به مصرف می‌رسند شامل لوبیای سویا، لوبیا، بادام زمینی، نخود فرنگی، نخود زرد بزرگ، عدس، ماش، لوبیا سفید و باقلا می‌باشند (بروگت، ۱۹۹۲).

[1] Fabaceae
[2] Popilionoidae

۱-۱- سطح زیر کشت، تولید و عملکرد حبوبات در جهان و ایران

براساس اطلاعات سازمان فائو[1] در سال ۲۰۰۵ میلادی سطح زیر کشت حبوبات در جهان ٦٧/٣٧٣/٠٠٠ هکتار بوده که از این مقدار ٣٥/١٥٠/٠٠٠ هکتار به لوبیا و٣/٣٤٩/٠٠٠ هکتار به عدس اختصاص داشته است. قاره آسیا به عنوان قطب تولید حبوبات در دنیا ٤٧/٩٪ سطح زیر کشت و ٤٦/٤٪ تولید جهانی حبوبات را به خود اختصاص داده است. در بین کشورهای آسیایی و حتی جهان، هندوستان به عنوان بزرگترین تولید کننده و مصرف کننده حبوبات مطرح می‌باشد. این کشور با تولید معادل ١٥/٤ میلیون تن در سال، ٢٦٪ تولید جهانی حبوبات را از آن خود کرده است. میزان تولید حبوبات در جهان در سال ٢٠٠٦ میلادی طبق آمار سازمان فائو ٥٩/٢٧٥/٠٠٠ تن بوده که ١٧/٠٢٥/٠٠٠ تن آن لوبیا و ٢/٩٧٠/٠٠٠ تن آن نیز نخود بوده است. قاره آسیا با تولید ٢٩/٨٤٤/٠٠٠ تن حبوبات بیشترین میزان تولید را به خود اختصاص داده است و در بین کشورها نیز هندوستان با میزان تولید ١٦/٠٩٥/٠٠٠ تن رتبه اول را در آسیا و جهان داراست. پس از هند، کشورهای چین، برمه، ترکیه، اندونزی و ایران به ترتیب دارای مقام های دوم تا ششم تولید حبوبات در آسیا می‌باشند. سطح زیر کشت حبوبات در سال زراعی ٨٦-١٣٨٥ ایران، حدود ٩٧٥ هزار هکتار معادل ٧/١٣ درصد از اراضی محصولات سالانه برداشت شده بوده است. نخود به عنوان مهمترین حبوبات در ایران با سطح زیر کشت معادل ٧٥٠ هزار هکتار و تولید ٣٠٠ هزار تن با عملکرد متوسط معادل ٤٠٧ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. همچنین تولید انواع لوبیا در دو دهۀ گذشته ١٨٠٪ رشد داشته است که مقدار قابل توجهی از تولید مدیون بهبود عملکرد از مقدار ٩٧٥ به ١٦٨٨ کیلوگرم می‌باشد. بیشترین سطح براشت حبوبات در کشور متعلق به استان کرمانشاه با ١٧/٣٠ درصد و کمترین سطح مربوط به استان بوشهر با کمتر از ٠/٠١ درصد بوده است. میزان تولید حبوبات در ایران در سال ٨٦-١٣٨٥، ٧١٠/٦٠٢ تن بوده که از این مقدار، ٥٥٩/٧٣٥ تن (حدود ٤٣ درصد) به نخود و ١٠٩/٣٥٥ به لوبیا (٣٣ درصد) اختصاص داشته

[1] FAO

است. سه استان لرستان، کرمانشاه و آذربایجان غربی بیش از ٤٢ درصد سطح زیر کشت حبوبات و مجموعاً ٣٦ درصد تولید را تأمین می‌نمایند (آمار نامه کشاورزی، ١٣٨٥).

١-٢- اهمیت تغذیه‌ای حبوباب

حبوبات پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی بشر محسوب می‌شوند و به طور کلی حاوی مقادیر زیادی پروتئین، مقادیری کربوهیدرات و مقدار نسبتا فراوانی مواد معدنی هستند. همچنین مقدار زیادی از ویتامینهای گروه «ب» به استثنای ریبوفلاوین را دارا می‌باشند. میزان پروتئین موجود در دانه های حبوبات ٢ تا ٣ برابر میزان پروتئین غلات (برای مثال گندم ١٢-٧، ذرت ١٥-٧ و برنج ٨-٧ درصد پروتئین دارند) و ١٠ تا ٢٠ برابر بیشتر از گیاهان غده‌ای (مانند سیب زمینی) است (مجنون حسینی، ١٣٨٧). به طور کلی، چنانچه مردم یک جامعه دسترسی کافی به محصولات غله و حبوبات با کمیت و کیفیت خوب داشته باشند نیازمندی آنها به پروتئین تا حدودی تأمین خواهد شد و چنانچه این محصولات در رژیم غذایی روزانه توام با یکدیگر مصرف شوند درصد بهره‌مندی از گروه غذایی پروتئین‌دار افزایش می‌یابد. ارزش بیولوژیکی پروتئین حبوبات به سبب دارا بودن بسیاری از اسیدهای آمینه ضروری بالاست، اگرچه برخی اسیدهای آمینه گوگرددار مانند تریپتوفان، سیستین و متیونین در ترکیب آنها کم است، ولی اسید آمینه لایزین آنها (یکی از اسیدهای آمینه کمیاب در پروتئین گیاهی) نسبت به غلات بسیار زیادتر است. دانه حبوبات منبع خوبی برای ویتامین‌های تیامین، نیاسین و عناصر معدنی مانند کلسیم،آهن و نیز چربی می‌باشند، همچنین حاوی مقادیر کمی از ویتامین‌های کاروتئین[1]، ریبوفلاوین[2]، اسید آسکوربیک (ویتامین ث) هستند(دشپادا و همکاران، ١٩٨٢). در بین انواع حبوبات لوبیای سویا از لحاظ پروتئین و ویتامین‌های ریبوفلاوین و پیروکسیدین[3] از سایرین غنی‌تر می‌باشد. نخود و لوبیاچیتی به عنوان دو منبع مهم و غنی از پروتئین حبوبات محسوب می‌شوند. کیفیت پروتئین و میزان اسید آمینه این حبوبات تحت تاثیر عوامل مختلفی

[1] karotenin
[2] Riboflavin
[3] Piroxidin

مانند واریته، گونه، عناصر کم مصرف غذایی در خاک (مانند روی) و کودهای افزودنی (مانند گوگرد) بستگی دارد. این دو نیز مانند سایر حبوبات، فیبر بالایی دارند. این نوع فیبر، قند (گلوکز) و کلسترول خون را کاهش می‌دهد و در بین گروه‌های غذایی، پروتئین، کلسیم و آهن را به مقدار کافی و لازم برای رفع نیاز بدن فرآهم می‌کند و برای مبتلایان به رماتیسم، نقرص و فشار خون و بیماریهای کلیوی منبع غذایی مطلوب می‌باشند(عسگری اصلی زاده، ١٣٨٤).

۱-۳- ترکیبات دانه حبوبات

به طور کلی، حبوبات از لحاظ ترکیبات دانه به دو نوع تقسیم می‌شوند:

الف) حبوباتی که در آنها انرژی به صورت چربی ذخیره شده، مانند سویا، بادام زمینی و لوپین.

ب) حبوباتی که انرژی در دانه آنها به صورت نشاسته یا قند ذخیره شده است مانند نخود، لوبیا معمولی، لپه و غیره.

دانه حبوبات تقریباً به اندازه دانه غلات انرژی در واحد وزن خود دارند. کاپور و گوپتا (۱۹۷۷) اظهار کرده اند که لپه‌ها بیشترین ارزش غذایی دانه حبوبات را شامل می‌باشند. ساختمان دانه رسیده حبوبات از سه جزء اصلی پوسته، لپه و جنین تشکیل شده است. پوسته دانه محتوی مواد غذایی خیلی کم، به جزء کلسیم است. برای مثال در سویا ۳۵٪ کلسیم دانه در پوسته ذخیره شده است. در پوسته های خارجی دانه-های نخود، لوبیا و سویا مقدار زیادی پروتئین یافت می‌شود، و مواد بازدارنده تریپسین بیشتری نسبت به لایه‌های داخلی پوسته وجود دارد (زیمرمن و همکاران، ١٩٦٧).

کربوهیدرات‌های دانه حبوبات به ترکیبات محلول در آب مانند قندها، بعضی پکتین‌ها و ترکیبات غیر محلول نشاسته و سلولز تقسیم می‌شوند. کربوهیدرات‌هایی نیز مانند الیگوساکاریدها در مقابل آنزیم‌های دستگاه گوارشی انسان مقاوم بوده و غیر قابل مصرف هستند. الیگوساکاریدها (مانند رافینوز) غیر قابل هضم بوده و به هنگام مصرف حبوبات تولید نفخ شکم می‌کنند. یکی دیگر از مهمترین قندهای ترکیب دانه حبوبات ساکارز است، مقدار کمی هم گلوکز وجود دارد. ذرات نشاسته دانه حبوبات از مخلوط آمیلوز و

آمیلوپکتین ساخته شده‌اند. مقدار بالای آمیلوز، ژلاتینی‌شدن نشاسته را به تأخیر انداخته و بر خصوصیات پخت دانه اثر می‌گذارد. در دانه حبوبات مقداری فیبر خوراکی (پلی ساکاریدها) شامل سلولز و همی سلولز (محلول و غیر محلول،مانند پکتین) و لیگنین نیز وجود دارد. این فیبرها نیز در مقابل آنزیم‌های دستگاه گوارش غیر قابل هضم هستند. در مقایسه با دانه‌های روغنی (سویا و بادام زمینی)، دانه حبوبات خوراکی فقط مقدار کمی چربی خوراکی دارند (کمتر از ۳ درصد)، نخود به طور استثنا درصد چربی نسبتاً بالایی (۵/٦ درصد) دارد. وجود اسید چرب غیر اشباع لینولئیک در سویا موجب طعم غیر دلخواه و کاهش میزان محبوبیت فرآورده‌های غذایی حاوی سویا شده است.

پروتئین دانه حبوبات به دو گروه پروتئین‌های ذخیره‌ای مانند گلوبولین و پروتئین‌های غیر ذخیره‌ای در غشاء و دیواره سلولی (ساختاری) و ترکیبات فعال (مانند آنزیم ها) قابل تقسیم هستند. میران پروتئین دانه-های خوراکی متفاوت است، اما حتی کمترین مقدار آن در حبوباتی مانند نخود، لوبیا و غیره حدود ۳ برابر میزان پروتئین موجود در برنج (٦/٤ درصد پروتئین) می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۴- ترکیبات ضد تغذیه ای در حبوبات

حبوبات محتوی دامنه وسیعی از ترکیبات ضد تغذیه‌ای (سموم طبیعی) هستند، برای مثال مواد باز دارنده تریپسین‌ها، لکتین‌ها یا هموگلوتین‌ها، سیانوژن‌ها، ساپونین‌ها، آلرژن‌ها و غیره. مقادیر این ترکیبات ضد تغذیه‌ای در گونه‌ها و واریته‌های مختلف متغیر است، اما به طور کلی لگوم‌ها مواد ضدتغذیه‌ای بیشتری نسبت به غلات دارا می‌باشند. البته وجود ترکیبات ضد تغذیه‌ای در حبوبات دلیل بر خطرناک بودن و معنی صریح سم یا ترکیبات کشنده نمی‌باشد، بلکه به هر گونه عکس العمل وخیم فیزیولوژیک تولید شده در انسان یا حیوان توسط یک ماده غذایی یا ماده استخراج شده از آنها گفته می‌شود. برای مثال به ترکیبات طبیعی که کیفیت پروتئین را تحت تأثیر قرار می‌دهند (مواد بازدارنده تریپسین) یا به قند رافینوز یا استاچیوز که موجب نفخ شکم می‌شوند، مواد ضد تغذیه‌ای گفته می‌شود. بلکه این ترکیبات در برخی موارد دارای

فوایدی نیز می‌باشند. برای مثال وجود ساپونین‌ها عامل مقاومت سویا به سوسک انباری بروخوس[1] و یا مقاومت بعضی از ارقام لوبیا چشم بلبلی در برابر عوامل بیماریزا به حضور مواد بازدارنده تریپسین (گیت هاوس و همکاران، ۱۹۷۹) و لکتین‌ها (کالو، ۱۹۷۷) نسبت داده شده است.

۱-۵- روش های از بین بردن یا کاهش مواد تغذیه ای در حبوبات

با وجود برخی از مواد ضد تغذیه‌ای (سموم طبیعی) گفته شده در حبوبات، با استفاده از برخی روش‌ها می‌توان مشکل ضد تغذیه‌ای بودن در آنها را تا حد زیادی برطرف ساخت. اغلب حبوبات وقتی که پخته و نرم می‌شوند برای تغذیه انسان کاملاً مطمئن هستند. البته، در پختن‌های ناکافی با دمای پائین در مورد برخی مواد ضد تغذیه‌ای این چنین نبوده (نوح و همکاران، ۱۹۸۰)، و تنها راه جلوگیری از تأثیرات نامطلوب فیزیولوژیک آنها خارج نمودن این لگوم‌ها از رژیم غذایی می‌باشد. به طور مثال روش‌های تهیه کردن (عمل آوری) بر میزان عامل تولید فاویسم در باقلا تأثیر کمی دارد و افراد مستعد این بیماری باید از خوردن باقلا پرهیز نمایند. آلرژن‌ها به مقدار بسیار زیادی توسط حرارت کاسته می‌شوند، اما افراد حساس به این بیماری، حتی اگر حبوبات زیان آور را به طور کامل پخته کنند هنوز در معرض واکنش آلرژیک قرار دارند. خیساندن[2] حبوبات نیز سبب خروج سموم طبیعی محلول در برخی از حبوبات می‌گردد. سم محلول هیدروژن سیانید (HCN) از داخل لوبیای لیما توسط شستشو و خیساندن قابل خارج شدن است. کیم و همکاران (۱۹۷۳) گزارش نمودند که عمل شستشو و خیساندن بذر سویا باعث کاهش الیگوساکاریدهای آن به طور معنی داری شده است. همین طور خیساندن دانه حبوبات خوراکی در طول شب و خارج ساختن آب آنها باعث شستشوی قندهای محلول، که عامل عمده تولید کننده نفخ (باد شکم) هستند، می‌شود. از دیگر روش‌های کاهش و از بین بردن مواد ضد تغذیه ای حبوبات می‌توان به استفاده از مواد شیمیایی مانند آمونیاک، پراکسید اکسیژن و جدا نمودن دانه‌های آلوده و کپک زده به طور دستی اشاره نمود.

[1] Calosobruchus chinensis
[2] Soaking

۱-۶- روش های معمول مصرف و فرآیند پس از برداشت حبوبات

دانه‌های حبوبات ممکن است به صورت دانه کامل، پوست‌گیری شده و یا لپه شده، به تنهایی و یا همراه با سبزیجات و غلات مختلف مصرف شوند. روش‌های معمول فرآیند حبوبات شامل تمیز کردن، درجه بندی از نظر اندازه، پوست کنی، لپه کردن، خیساندن و تیمار حرارتی می‌باشند(ابوقنام، ۱۹۹۷). نوع مصرف و فرآیندهایی که برای انواع حبوبات به کار می‌روند بسته به نوع دانه و عادات غذایی جوامع مختلف، متفاوت می‌باشد. در این قسمت به فرآیند خیساندن اشاره می‌شود.

۱-۶-۱-خیساندن حبوبات

فرآیند جذب آب به نامهای هیدراسیون[1]، خیس و مرطوب کردن[2] و جذب آب معرفی می‌شود. این فرآیند عمدتاً یک عمل انتشار به شمار می‌آید که در اثر نفوذ آب دانه متورم می‌شود(هندریکس، ۱۹۸٦). آب به داخل دانه آنقدر نفوذ می‌کند تا اینکه فشار بخار آب در داخل دانه از فشار بخار آب جذب شده کمتر شود و هنگامی جریان آب متوقف می‌شود که شرایط تعادل به وجود آید. جذب آب در اثر جذب مولکولی[3]، جذب موئینگی[4] و هیدراسیون انجام می‌شود. خیساندن حبوبات معمولاً برای کاهش زمان پخت و افزایش وزن آبکشی قبل از عملیات پخت و کنسرو کردن ضروری می‌باشد(عسگری اصلی زاده، ۱۳۸٤).

از عوامل مهم در پدیده جذب آب، درجه حرارت و زمان می‌باشند. با افزایش دما میزان جذب آب افزایش می‌یابد. خیساندن در آب با دمای ملایم و آب داغ شدت جذب رطوبت دانه را افزایش و زمان لازم برای خیساندن را کاهش می‌دهد. شدت جذب آب اولیه در کلیه دماها بالاست، ولی با گذشت زمان، شدت جذب آب کاهش می‌یابد بطور کلی انتشار رطوبت با افزایش دمای سیال واسطه افزایش می‌یابد و این یک رابطه نمایی معکوس با دمای سیال دارد(موتوکوماراپان، ۱۹۹۰). اگر چه دماهای خیساندن پایین‌تر از دمای

[1] Hydration
[2] Steeping
[3] Molecular adsorbtion
[4] Capillary adsorbtion

ژلاتینه‌شدن نشاسته به منظور به حداقل رساندن شکاف در هسته‌ها و اتلاف مواد جامد، پیشنهاد می‌شود اما، خیساندن در دماهای پایین ممکن است موجب آلودگی میکروبی شود که بر رنگ، مزه و بوی محصول نیز مؤثر می‌باشد (کاشانی نژاد و همکاران، ۲۰۰۸). در هر حال، در دمای بالاتر از دمای ژلاتینه شدن، شدت جذب آب و در نتیجه تورم دانه به سرعت افزایش می‌یابد. جذب آب توسط دانه یک فرآیند انتشار است و در دماهای بالا ضریب انتشار و در نتیجه شدت جذب آب افزایش خواهد یافت. همچنین با توجه به مقدار رطوبت اولیه دانه مدت زمان خیساندن در آب و هیدراسیون مشخص خواهد شد. هرچه درصد رطوبت اولیه دانه بیشتر باشد، زمان خیساندن کاهش می‌یابد. به طور مثال در فرآیند خیس‌کردن لوبیا برای تولید کنسرو لوبیا در رطوبتهای ۹ و ۱۸ درصد زمان خیساندن به ترتیب ١٤ و ٨ ساعت می‌باشد. زمان نهایی خیساندن زمانی است که وزن دانه به دو برابر وزن اولیه برسد و دانه حدود۱۰۰-۹۰٪ وزن خود آب جذب نماید (حصاری، ١٣٨٤). به طور کلی برخی اهداف خیساندن دانه حبوبات شامل موارد زیر می‌باشد (بانیوپادهای، ۱۹۸۷):

۱- خروج برخی سموم و مواد ضد تغذیه ای.

۲- کاهش زمان پخت حبوبات.

۳- خنثی کردن بازدارنده‌های آنزیمی.

٤- تحریک تولید آنزیم‌های مفید.

٥- در دسترس ساختن پروتئین به منظور جذب راحت‌تر و سریع‌تر.

٦- کمک به خنثی‌کردن سموم در روده بزرگ و تمیز نگه‌داشتن روده بزرگ.

۷- جلوگیری از بسیاری بیماری‌ها.

زمان بالای فرایند خیساندن حبوبات یکی از مشکلات اصلی صنایع غذایی مرتبط با آن است، به همین دلیل در سال های اخیر با توجه به پیشرفت تکنولوژی، استفاده از روش‌های نوین در بهبود کیفیت و کاهش زمان فرایندهای مواد غذایی مورد کاربرد قرار گرفته‌اند. یکی از این روش‌های نوین استفاده از فرآیند فراصوت[1] می‌باشد.

[1] Ultrasound