تاثیر فرایند گرمایش اهمیک بر برخی خواص مکانیکی لوبیا سبز

آرش رخبین[1*]، محسن آزاد بخت[2*]، علی اصغری[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۸ /۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۱۷)

چکیده

در ابتدا، رطوبت دانه و غلاف لوبیا سبز ها تعیین شد و بعد از آن نمونه ها تحت پیش تیمار اهمیک در سطح های معلوم شده قرار گرفتند. به منظور تعیین خواص مکانیکی نمونه هایی که تحت پیش تیمار قرار گرفتند بارگذاری استاتیکی انجام شد. برای این منظور از دستگاه نیرو تغییر شکل استفاده شد. آزمایشها در قالب طرح کاملا تصادفی و آزمایش فاکتوریل انجام شد. تاثیر پارامترهای گرمایش اهمیک در سه سطح زمان ۳،۶و۹ دقیقه و سه سطح ولتاژ ۳۰،۵۰،۷۰ ولت و جهت بارگذاری در یک سطح به صورت عمودی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر دو فاکتور مورد مطالعه (مدت زمان گرمایش اهمیک و مقدار ولتاژ) تاثیر معنی داری بر روی نیروی شکست و دیگر خواص مکانیکی داشتند، به طوری که با افزایش مدت زمان گرمایش اهمیک مقدار نیروی شکست و دیگر خواص مکانیکی کاهش یافت. نتیجه بارگذاری بدین صورت بود که در بخش نیروی شکست دانه بیشترین مقدار در زمان ۳دقیقه و ولتاژ ۳۰ که مقدار آن N ۱۹/۱۹۳ است و کمترین مقدار در زمان ۹ دقیقه و ولتاژ ۷۰ که مقدار آن برابر است N ۵/۵۸. و در بحث انرژی شکست دانه بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب N ۲۱/۶۲۲ و N ۵/۷۷ که مربوط به ولتاژ ۳۰ ولت و زمان ۳ دقیقه برای بیشترین و ولتاژ ۷۰ و زمان ۶ دقیقه برای کمترین مقدار بود. در بحث نیروی شکست لوبیا سبز غلاف با دانه بیشترین مقدار مربوط به ولتاژ ۳۰ و زمان ۳ دقیقه که برابر با N ۵۷۸/۱۳ و کمترین آن N ۷۲/۳۵ که مربوط به ولتاژ ۷۰ و زمان ۳ دقیقه بود و همچنین بیشترین و کمترین مقدار انرژی شکست مانند نیروی شکست این نمونه در همین زمان و ولتاژ به ترتیب ۶۵۶/۴۹ و ۱۸۷/۳۸ بود.

کلید واژگان: لوبیا سبز، حرارت دهی اهمیک، بارگذاری استاتیکی، نیروی شکست، انرژی شکست

*مسئول مکاتبات: azadbakht@gau.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.29252/fsct.16.95.1]

۱- مقدمه

لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris*)، یک گیاه سالم، گیاهی متعلق به خانواده بقولات است که پرورش گونه آن از منطقه آمریکای مرکزی و جنوبی سرچشمه گرفته است. امروزه در بسیاری از نقاط جهان لوبیا سبز کشت می شود که به صورت رسیده یا نرسیده مورد استفاده قرار می گیرد. لوبیا سبز حاوی ویتامین C و فیبرهای غذایی، کربوهیدرات ها، پروتئین ها و مواد معدنی است[۱]. در طول دوران زایشی به دمای مطلوب ۲۰ تا ۲۵ در جه سانتی گراد سازگار است[۲]. یک گیاه حساس به کمبود آب است[۳]. و عملکرد دانه لوبیا در مراحل رشد زایشی گیاه با وقوع خشکی کاهش پیدا می کند[٤]. امروزه با توجه به بالا رفتن جمعیت جهان و افزایش تقاضا و مصرف، نیاز به محصولات کشاورزی بیشتر شده است بدین ترتیب برای تولید مواد غذایی از جمله سبزی ها نیاز به تحقیق بیشتری است. سبزی ها دارای منابع غذایی با ارزشی مانند مواد معدنیویتامین و عناصر ضروری هستند لوبیا سبز هم یکی از مهم ترین محصولات کشاورزی است و با توجه به مصرف وسیع آن در انواع غذا و صنعت کنسرو سازی و اهمیت اقتصادی و غذایی آن باعث شده است محققین تحقیقات زیادی را از گذشته بر روی آن انجام دهند[۵]. شناخت ویژگی های مقاومتی محصولات تحت شرایط های مختلف یکی از راههای اصولی برای جلوگیری از آسیب ها و صدمات مکانیکی است. برای به دست آوردن این اطلاعات، انجام آزمون های مکانیکی مانند آزمون فشاری مفید خواهد بود. به منظور کسب نتایج مفید از آزمایش ها به صورت اطلاعات قابل درک و قابل استفاده در طراحی مهندسی، مطالعه بر روی رفتار منحنی نیرو-تغییر شکل محصولات کشاورزی حاصل از آزمون فشاری ضروری است .نیروی لازم برای گسیختگی محصول معیار مناسبی برای طراحی با کارایی و کیفیت بالاتر می باشد که از آن می توان به عنوان اصول اولیه و اساسی در طراحی و تنظیم قسمت های مختلف ماشین هایی که با محصول در ارتباط می باشند، استفاده کرد[٦]. خواص مکانیکی مواد باعث می شوددرک جامع و روشنی از خواص فیزیکی و در نتیجه خصوصیات بافت ان ماده بدست آوریم [۷] و همچنین اطلاع از خواص مکانیکی و عواملی موثر در گسیختگی محصولات در ساخت و مدل سازی ماشین آلات کشاورزی مرتبط اهمیت دارد[۸].

غذای آماده محصولات غذایی تجاری به صورت مخلوط جامد و مایع هستند. روش های مرسوم برای استریل کردن این محصولات کنسرو کردن آن هاست. با توجه به این موضوع پردازش مداوم مواد غذایی با فن آوری های معمولی یا جایگزین به طور مثال روش حرارت دهی اهمیک به عنوان یک روش جایگزین برای استریل کردن دسته ای محصولات طرفدار زیادی دارد. در فرآیندهای پیوسته، جریان محصول به طور مداوم در بخش‌های گرمایش، نگهداری و خنک می شوند. از جمله مزایای این فرایند افزایش ظرفیت تولید، کاهش مصرف انرژی، بهبود همگن سازی و آسیب کمتر به ذرات محصول می باشد[۹]. در حال حاضر از روش اهمیک به عنوان یک روش حرارت دهی برای گرم کردن، استریل کردن و پاستوریزه کردن مواد غذایی، سبزیجات و محصولات گوشتی استفاده می شود[۱۰و ۱۱]. این فرآیند را می توان برای تولید گرما درون محصول استفاده کرد، انرژی الکتریکی را به انرژی حرارتی تبدیل می کند و در نتیجه حرارت مواد را در سرعت های فوق العاده سریع بدون نیاز به یک محیط گرم یا سطح گرم می کند .این فرآیند از آسیب های حرارتی بیش از حد به مواد مغذی مانند ویتامین ها و رنگدانه ها جلوگیری می کند[۱۲]. از مزیت های آشکار روش اهمی نسبت به روش های مرسوم این است که اختلاف دما در محلول و محدودیت های ضریب انتقال حرارت وجود ندارد. همچنین از مزایای روش گرمایش اهمی می توان به حفظ رنگ و کیفیت، کاهش زمان فراوری و عملکرد بالای ان اشاره کرد. مزایای گرمایش اهمی نسبت به روش های حرارتی مرسوم را می توان به صورت زیر بیان کرد[۱۳و ١٤].

پژوهشگران متعددی به بررسی این روش بر روی میوه ها و گوشت ها در بخش رسانای الکتریکی پرداختند. این محققین وابستگی طراحی اثر بخش سیستم گرمایش اهمی به ضریب هدایت الکتریکی ماده غذایی را بیان کردند. در تحقیقی به بررسی تاثیر گرمایش اهمی بر هدایت الکتریکی میوه پرداخته شد. در این تحقیق اثر تغییرات دما بر هدایت الکتریکی میوه های تازه هلو، سیب گلدن، سیب قرمز، توت فرنگی و اناناس مورد سنجش قرار گرفت. ازمیوه های انتخابی نمونه های استوانه ای شکل جدا و بین دو الکترود قرار داده شدند که نتیجه این پژوهش چنین بود که با توجه به گرمای ایجاد شده توسط سیستم گرمایش اهمیک این گرما با افزایش زمان افزایش

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.29252/fsct.16.95.1]

پیدا می‌کند که باعث افزایش دما و هدایت الکتریکی می‌شود. [۱۵].

بنابراین با توجه به اهمیت و ارزش غذایی بالای لوبیا سبز این پژوهش با این هدف بررسی شد که گرمایش اهمیک می‌تواند بر برخی خواص مکانیکی لوبیا سبز اثر بگذارد و از این روش به عنوان یک روش جایگزین در بخش فرآوری این محصول در بخش صنعتی و افزایش بهره وری آن استفاده کرد و با توجه به رابطه خواص مکانیکی با ماشین آلات مربوطه دانستن این خواص می تواند در بخش طراحی و ساخت ماشین آلات اطلاعات جامع تری را در اختیار دیگران قرار دهد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- آماده سازی نمونه

لوبیا سبزها با نام علمی *Phaseolus vulgaris* از بازار محلی تهیه شدند و به منظور تعیین سطح رطوبت آنها به آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان برده شده و به صورت دانه و غلاف درون آون قرار داده شدند. نمونه ها در دمای ۱۰۳ درجه سانتیگراد به مدت ۵ ساعت درون آون قرار گرفت و سپس رطوبت آنها در این آزمایش بر اساس استاندارد ها اندازه گیری شد (ASAE Standards,2006). برای انجام آزمون مکانیکی نمونه ها به دو دسته دانه و غلاف با دانه(کامل) تقسیم بندی شدند که هریک از این نمونه ها به مدت ۳، ٦ و ۹ دقیقه در ولتاژ های ۳۰،۵۰،۷۰ با روش گرمایش اهمیک پیش تیمار شده و ۵ تکرار برای اندازه گیری خواص مکانیکی در نظر گرفته شد.

۲-۲- گرمایش اهمیک

در سیستم گرمایش اهمیک از جعبه ی شیشه ای با ضخامت ۱۰ میلی‌متر با ابعاد(طول ۱۱ سانتی متر، عرض ۸ سانتی متر، ارتفاع ۱۵ سانتی متر) و دو الکترود از جنس استیل ضد زنگ با ابعاد ۸×۱۵ سانتی متر و برای تنظیم ولتاژ از رگولاتور ولتاژ مدل 1000W regulator, voltage range 0-250V استفاده شد. نمونه ها در ۳ سطح ولتاژ ۳۰، ۵۰، ۷۰ ولت و در سه سطح زمان ۳، ٦، ۹ دقیقه مورد آزمایش قرار گرفتند (شکل ۱).

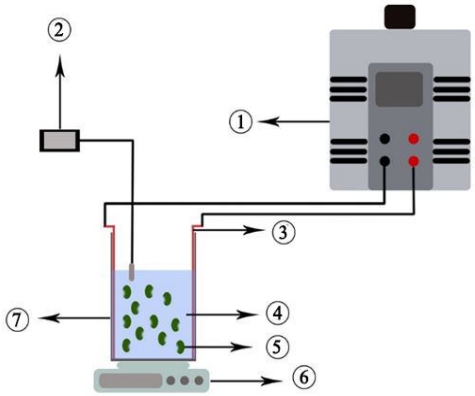

Fig 1 Green bean seeds ohmic Heating System. 1.Voltage regulator, 2.Thermocouple, 3.Stainless steel electrode, 4. Distilled water, 5.Green bean sample, 6.Digital balance, 7.Glass compartment of ohmic heating system.

۲-۳-خواص مکانیکی

در بخش خواص مکانیکی لوبیا سبز ها به بررسی نمودار نیرو – تغییر شکل نیروی شکست و انرژی شکست در ۲ سطح نمونه (دانه و غلاف با دانه) و یک جهت بارگذاری پرداخته شد(شکل ۲). برای این منظور از دستگاه آزمون کشش- فشار با نام تجاری اینسترون (Model Santam-STM5) دارای لودسل دقیق کلاس ۰,۵ به ظرفیت ۵۰۰ kgf ساخت کشور کره استفاده شد.برای بالا بردن دقت اندازه گیری سرعت دستگاه در هنگام نیروی فشاری، ۳ میلی متر بر دقیقه در نظر گرفته شد. با توجه به شکل (۲) مشاهده می‌شود که سطح فک از سطح دانه و غلاف بزرگ تر بود تا کل سطح نمونه ها را پوشش دهد لوبیا سبز ها دانه و غلاف با دانه در یک جهت در دستگاه قرار داده شدند و در ۵ تکرار تحت فشار قرار گرفتند.

بارگذاری تحت دستگاه اینسترون تا زمان شکستن لوبیا سبزها دانه و غلاف با دانه انجام شد و سپس نمودار نیرو – تغییر شکل توسط اینسترون رسم شد و داده های آن استخراج گردید. با توجه به اینکه نیروی شکست نقطه ای روی منحنی نیرو – تغییر شکل است که با افزایش بسیار کم تغییر شکل، نیرو به مقدار زیاد در آن نقطه کاهش پیدا می‌کند، نیروی شکست محاسبه شد[۱٦]. و نیز با توجه به اینکه نقطه متناظر نیروی شکست بر روی محور تغییر شکل در نمودار نیرو – تغییر شکل تغییر شکل در نقطه شکست است، تغییر شکل در نقطه شکست نیز محاسبه گردید. برای محاسبه انرژی شکست، مقدار مساحت زیر نمودار نیرو – تغییر شکل از نقطه شروع

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.29252/fsct.16.95.1]

باگذاری تا نقطه شکست به دست آمد [۱۷]. برای تجزیه و تحلیل داده ها از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و نرم افزار SAS استفاده شد.

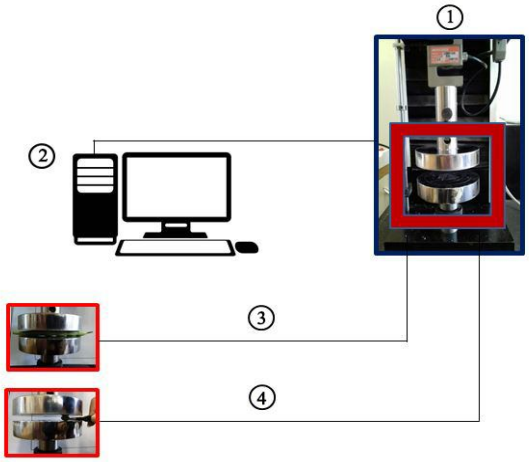

Fig 2 Loading Green Beans Under the Instron and Data Extraction. 1.Instron machine, 2. Data processing center, 3.Beans with pressed pods, 4. Pressed bean seeds.

۳- نتایج و بحث

با توجه به جدول(۱) آنالیز واریانس دانه ها اثر ولتاژ اهمیک بر روی نیروی شکست اخلاف معنی داری نداشته است و اثر زمان و ولتاژ×زمان در سطح ۱ درصد معنی دار بوده است.وبا توجه به افزایش زمان گرمایش اهمیک میزان رطوبت افزایش یافته به طوریکه گرمای حاصل از اهمیک باعث تنش های رطوبتی در نمونه شده است و این تنش ها با افزایش زمان بیشتر می‌شود. با بیشتر شدن تنش های رطوبتی میزان رطوبت در نمونه افزایش پیدا می‌کند و باعث نرم و شکننده شدن نمونه می‌شود و این کاهش مقاومت نمونه در مقابل بار گزاری استاتیکی به دنبال خواهد داشت و نیرو شکست در نمونه تحت آزمایش نسبت به نمونه شاهد کاهش پیدا خواهد کرد (شکل ۳). همانطور که در نمودار اثرات متقابل زمان و ولتاژ اهمیک بر روی نیروی شکست دانه لوبیا سبز (شکل ٤). ملاحظه می‌کنید بیشترین و کمترین مقدار نیروی شکست و روابط معنی‌داری آن‌ها نشان داده شده است.

هادی عالمی و همکاران در تحقیقی اثر رقم، رطوبت و دمای خشک کردن بر خواص مکانیکی دانه سویا شامل نیرو و انرژی شکست، ضریب الاستیسیته ظاهری و چغرمگی مورد مطالعه قرار دادند که آزمایش‌ها تحت بارگذاری شبه استاتیک به کمک دستگاه آزمون مواد اندازه‌گیری شد آن ها اثر پارامتر های خشک کن شامل رطوبت در سه سطح بر پایه خشک و سه سطح دمای خشک کردن و سه رقم سویا بر روی خواص مکانیکی مورد بررسی قرار دادند که نتایج آنها نشان داد رطوبت و دما تاثیر معنی داری بر روی دو پارامتر انرژی و نیروی شکست دانه داشتند به طوریکه در بخش اثر رطوبت با افزایش سطح رطوبت از ۱٦ در صد نیروی شکست و انرژی شکست کاهش پیدا می‌کند[۱۸].

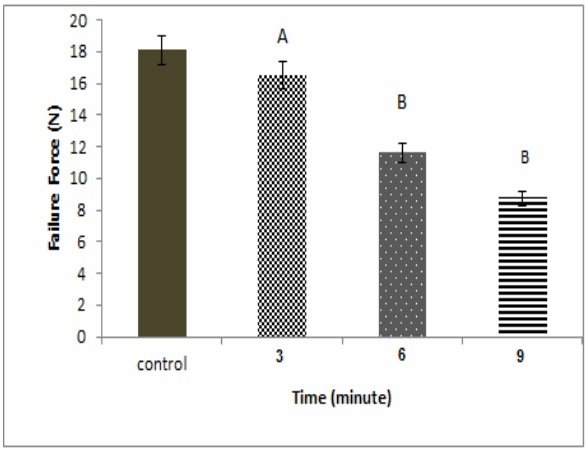

Fig 3 Ohmic Heating Time Effects on Failure Force, Green Bean Seeds
Similar capital case letters indicate no significant difference

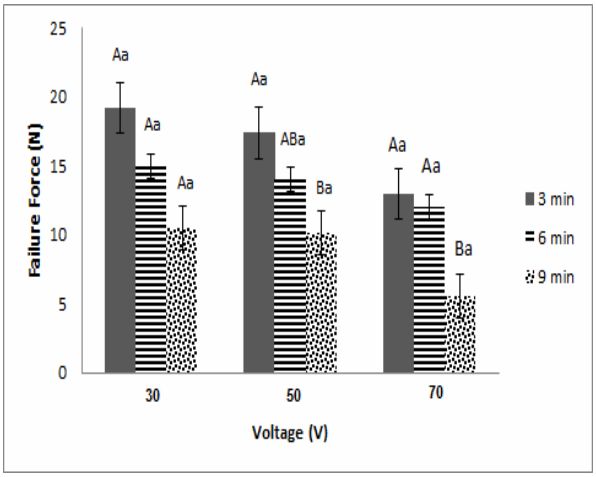

Fig 4 Interaction of voltage and time in the breakdown force of green beans
Similar capital letters indicate no significant difference for different ohmic times at any voltage
Similar capital letters indicate no significant difference for different ohmic voltages at any time

لگرانـد و همکـاران بـه بررسـی خـواص فیزیکـی، مکـانیکی، حرارتی و الکتریکی لوبیای قرمز پخته شده برای فرایند حرارت دهی اهمیک پرداختند که در طی حرارت دهـی و پخـتن لوبیـا

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]
[DOI: 10.29252/fsct.16.95.1]

قرمز باعث از دست دادن خواص مکانیکی آن شد به طوریکه با پختن و نرم شدن نمونه مقاومت به فشار در برابر بارگذاری کاهش پیدا کرده است که کاهش نیروی شکست را به دنبال خواهد داشت[۹]. در تحقیقی دیگر نیز بر روی مدل سازی تغییرات بافتی در طول فرآیند هیدراتاسیون لوبیای قرمز چنین نتیجه شد که در لوبیا، نیروی فشاری روی ذرات با افزایش تغییر شکل افزایش می یابد .پس از انقباض ذرات، نیرویی به شدت کاهش یافت[۱۹]. نیروی مورد نیاز باعث تغییر شکل داده شده به عنوان افزایش رطوبت کاهش یافته است .این ممکن است به دلیل این واقعیت باشد که در رطوبت بالاتر ذرات نرمتر می شوند و نیروی کمتری برای شکستن آنها لازم است .تصور میشد ذرات رفتار الاستیک را مطابق با قانون هوک نشان دادند[۲۰].

Table 1 Results of analysis of variance of voltage effects and ohmic time for gravity failure forces

Variables	DF	Mean Square	F value
Voltage(V)	2	142.313479	2.41^{ns}
Time(minute)	2	694.448067	11.75^{**}
Voltage × Time	4	254.338295	4.30^{**}

** Significant at level 1%, * Significant at 5% level, ns insignificant

با توجه به جدول(۲) آنالیز واریانس لوبیاها اثر ولتاژ و زمان اهمیک و ولتاژ×زمان بر روی نیروی شکست در سطح ۱ درصد معنی دار بوده است. بدین صورت که با افزایش زمان و ولتاژ گرمایش اهمیک باعث افزایش رطوبت در نمونه شده و مقاومت به شکست کاهش پیدا می کند. در تحقیقی به اثر رطوبت بر برخی خواص مکانیکی سه رقم پسته پرداخته شد. در این پژوهش خواص مکانیکی پسته که شامل : نیروی شکست، تغییر شکل نقطه شکست، انرژی شکست و چغرمگی در پنج سطح رطوبت بر پایه تر، سه سطح سرعت باگزاری و سه رقم بررسی شد که هر سه این پارامتر های مورد مطالعه تاثیر معنی داری بر روی نیروی شکست داشته است به طوریکه در بحث رطوبت نتیجه چنین شد که با توجه به اینکه نیروی شکست نقطه ای روی منحنی نیرو = تغییر شکل است با افزایش ناچیز تغییر شکل نیروی شکست کاهش زیادی خواهد داشت به عبارتی دیگر افزایش رطوبت باعث کاهش مقاومت شکست در بخش خواص مکانیکی می شود [۲۱و۱۹].

به منظور بیان تفاوت نیروی شکست نمونه شاهد نسبت به نیروی شکست نمونه هایی که تحت پیش تیمار اهمیک قرار گرفته نمودارهای مقایسه میانگین اثرات ولتاژ های مختلف اهمیک بر روی نیروی شکست در زمان ثابت (شکل ۵) و مقایسه میانگین اثرات زمان های مختلف اهمیک بر روی نیروی شکست در ولتاژ ثابت (شکل ٦) رسم شده است.

Table 2 Results of statistical analysis, the effects of voltage and time ohmic for the failure force of beans

Variables	DF	Mean Square	F value
Voltage(V)	2	608343.681	51.50^{**}
Time(minute)	2	2057615.426	174.18^{**}
Voltage × Time	4	460869.888	19.51^{**}

** Significant at level 1%, * Significant at 5% level, ns insignificant

همانطور که در شکل های ۵ و ٦ نشان داده شده به ترتیب مقایسه میانگین اثر ولتاژ در زمان ثابت و اثر زمان در ولتاژ ثابت اهمیک اثرات معنی داری بر روی نیروی شکست لوبیا سبز غلاف با دانه داشته به طوری که با افزایش ولتاژ در زمان ثابت و افزایش زمان در ولتاژ ثابت نیروی شکست نمونه نسبت به نمونه شاهد کاهش پیدا کرده است، و همانطور که در نمودار اثرات متقابل زمان و ولتاژ اهمیک بر روی نیروی شکست لوبیاسبز غلاف با دانه (شکل ۷) ملاحظه می‌کنید بیشترین و کمترین مقدار نیروی شکست نمونه نشان داده شده است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.29252/fsct.16.95.1]

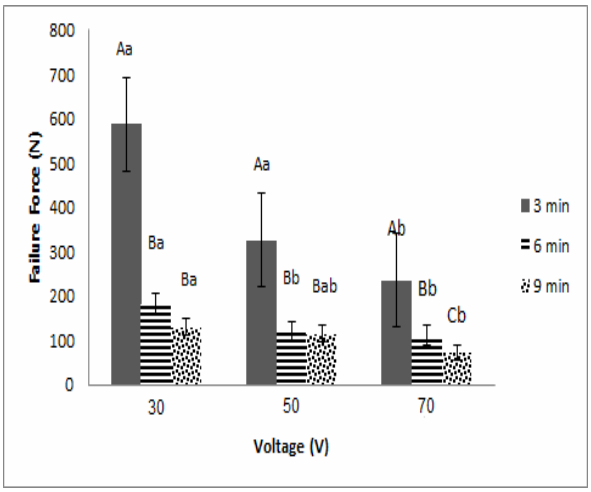

Fig 7 Interaction between voltage and time of the power failure force green bean (pods with seeds)
Similar capital letters indicate no significant difference for different ohmic times at any voltage
Similar capital letters indicate no significant difference for different ohmic voltages at any time

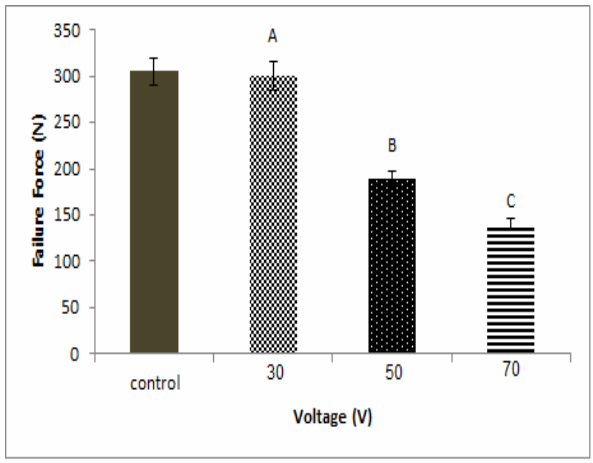

Fig 5 Ohmic Heating Voltage Effects on Failure Force, Green Bean Seeds
Similar capital case letters indicate no significant difference

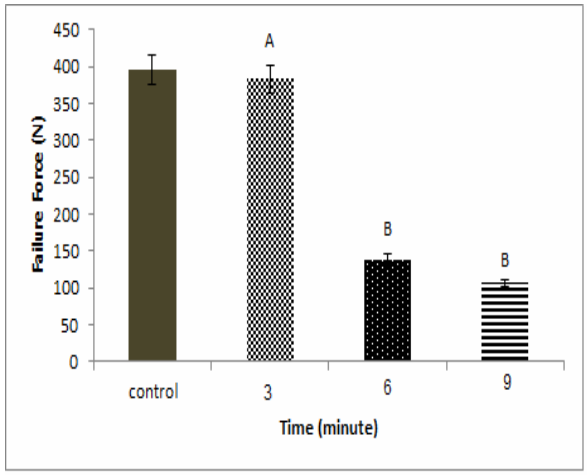

Fig 6 Ohmic Heating Time Effects on Failure Force, Green Bean Seeds
Similar capital case letters indicate no significant difference

در بخش انرژی شکست دانه لوبیا سبز با توجه به جدول(۳) آنالیز واریانس اثر ولتاژ گرمایش اهمیک بر روی انرژی شکست در سطح ۱ درصد معنی دار بوده است و اثر زمان و اثر متقابل ولتاژ×زمان معنی دار نشده است. با توجه به معنی دار شدن اثر ولتاژ گرمایش اهمیک بر روی انرژی شکست مطابق شکل ۸ چنین نتیجه شد که با افزایش ولتاژ میزان رطوبت در نمونه نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته و این افزایش رطوبت باعث کاهش انرژی شکست در نمونه در مقابل نمونه شاهد شده است. در تحقیق بررسی ترک خوردگی گردو نتیجه چنین بود نیرو و انرژی شکست رابطه مستقیم دارند به طوریکه افزایش رطوبت، کاهش نیرو و در نتیجه کاهش انرژی شکست را در پی خواهد داشت[۱۷].

Table 3 Results of analysis of variance of the effects of voltage and ohmic time on the energy of seeds failure

Variables	DF	Mean Square	F value
Voltage(V)	2	992.844656	14.01^{**}
Time(minute)	2	243.603622	3.44^{ns}
Voltage × Time	4	111.037233	1.57^{ns}

** Significant at level 1%, * Significant at 5% level, ns insignificant

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.29252/fsct.16.95.1]

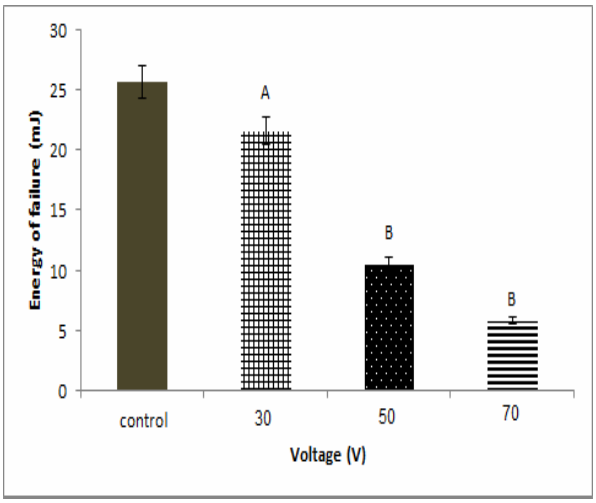

Fig 8 Ohmic heating voltage effects on failure energy, green bean seeds
Similar capital case letters indicate no significant difference

در بخش انرژی شکست لوبیا سبزدانه با غلاف با توجه به جدول(٤) آنالیز واریانس اثر ولتاژ و زمان گرمایش اهمیک بر روی انرژی شکست در سطح ۱ درصد معنی دار بوده است و اثر متقابل ولتاژ×زمان معنی دار نشده است. با توجه به معنی دار شدن اثر ولتاژ و زمان گرمایش اهمیک بر روی انرژی شکست چنین نتیجه شد که با افزایش ولتاژ و زمان میزان رطوبت در نمونه افزایش یافته و این افزایش رطوبت باعث کاهش مقاومت در نمونه شده است که این کاهش مقاومت باعث کاهش انرژی شکست خواهد بود. نتایج بررسی اثر رطوبت بر روی خواص مکانیکی دانه نخود بدین صورت بود که رطوبت با انرژی شکست رابطه معکوس دارد و با افزایش رطوبت مقدار انرژی شکست کاهش پیدا می‌کند[۲۲].

Table 4 Results of analysis of variance of the effects of voltage and time on failure energy for green beans (pods with seeds)

Variables	DF	Mean Square	F value
Voltage(V)	2	444683.106	14.68^{**}
Time(minute)	2	100241.544	3295^{**}
Voltage × Time	4	99477.441	3.27^{ns}

** Significant at level 1%, * Significant at 5% level, ns insignificant

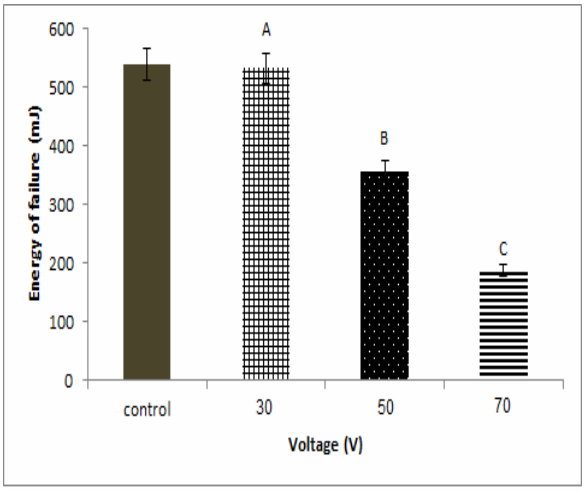

Fig 9 Ohmic heating voltage effects on failure energy, green beans (pods with seeds)
Similar capital case letters indicate no significant difference

به منظور نشان دادن تفاوت انرژی شکست نمونه شاهد نسبت به انرژی شکست نمونه هایی که تحت پیش تیمار اهمیک قرار گرفته نمودارهای مقایسه میانگین اثرات ولتاژ های مختلف اهمیک بر روی نیروی شکست در زمان ثابت(شکل ۹) و مقایسه میانگین اثرات زمان های مختلف اهمیک بر روی انرژی شکست در ولتاژ ثابت (شکل ۱۰) رسم شده است. همانطور که در شکل های ۹ و ۱۰ نشان داده شده به ترتیب مقایسه میانگین اثر ولتاژ در زمان ثابت و اثر زمان در ولتاژ ثابت اهمیک اثرات معنی داری بر روی انرژی شکست لوبیا سبز غلاف با دانه داشته به طوری که با افزایش ولتاژ در زمان ثابت و افزایش زمان در ولتاژ ثابت انرژی شکست نمونه نسبت به نمونه شاهد کاهش پیدا کرده است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.29252/fsct.16.95.1]

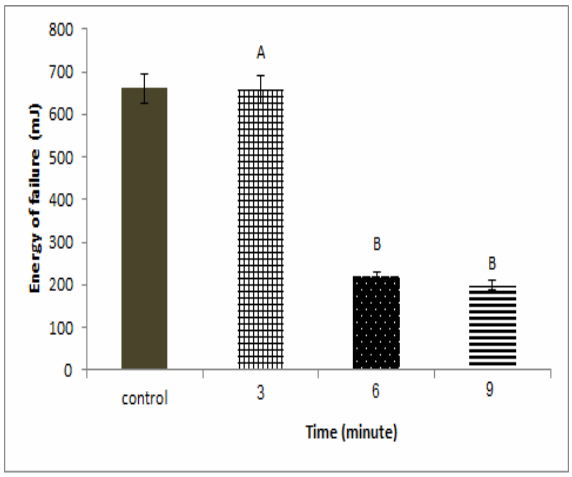

Fig 10 Ohmic heating time effects on failure energy, green beans (pods with seeds)
Similar capital case letters indicate no significant difference

٤- نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از سیستم گرمایش اهمیک به عنوان پیش تیمار و اثرات آن بر روی خواص مکانیکی لوبیا سبزدانه و غلاف با دانه بدین صورت است که با افزایش رطوبت نیرو و انرژی لازم برای شکستن نسبت به نمونه شاهد کاهش پیدا می‌کند. با افزایش مدت زمان و ولتاژ سیستم گرمایشی اهمیک نیروی لازم برای شکستن، تغییر شکل در نقطه شکستگی و انرژی لازم برای شکستن در مقابل با نمونه شاهد کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه افزایش رطوبت باعث نرم تر شدن بافت لوبیا می‌شود در نتیجه باعث کاهش نیروی لازم برای شکستن لوبیا می‌شود. بدین ترتیب بهتر است فرآوری این محصول و عملیات برداشت و پس از برداشت در محتوای رطوبتی پایین انجام شود تا با ضایعات کمتری ایجاد شود.

٥- منابع

[1] Brigide, P., Canniatt-Brazaca, S. G., & Silva, M. O. (2014). Nutritional characteristics of biofortified common beans. *Food Science and Technology*, *34*(3), 493–500.

[2] Rainey, K. M., & Griffiths, P. D. (2019). Inheritance of Heat Tolerance during Reproductive Development in Snap Bean (Phaseolus vulgaris L.). *Journal of theAmerican Society for Horticultural Science*, *130*(5), 700–706.

[3] Muñoz-Perea, C. G., Terán, H., Allen, R. G., Wright, J. L., Westermann, D. T., & Singh, S. P. (2006). Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars.*Crop Science*, *46*(5), 2111–2120.

[4] Acosta-Gallegos, J. A., & Adams, M. W. (1991). Plant traits and yield stability of dry bean (Phaseolus vulgaris) cultivars under drought stress. *The Journal of Agricultural Science*, *117*(2), 213–219.

[5] Kelly, J. F., Scott, M. K., Henry, G., & Janssen, W. (1992). The nutritional value of snap beans versus other vegetables. *G. Henry and W. Janssen (Tech. Eds.), CIAT Proceedings of an International Conference on Snap Beans in the Developing World*
Held From, *16*, 23– 46.

[6] Bargale, P. C., Irundayaraj, J. M., & Marquis, B. (1994). Some mechanical properties and stress relaxation characteristics of lentils - part II.pdf. *Canadian Agricultural Engineering*, *36*(4), 251–254.

[7] Lewis, M. J. (1990). *Physical properties of foods and food processing systems*. Elsevier.

[8] Sayyah, A. H. A., & Minaei, S. (2004). Behavior of Wheat Kernels under Quasi-static Loading and its Relation to Grain Hardness. *J. Agric. Sci. Technol*, *6*, 11–19.

[9] Legrand, A., Leuliet, J. C., Duquesne, S., Kesteloot, R., Winterton, P., & Fillaudeau, L. (2007). Physical, mechanical, thermal and electrical properties of cooked red bean (Phaseolus vulgaris L.) for continuous ohmic heating process. *Journal of Food Engineering*, *81*(2), 447–458.

[10] Knirsch, M. C., Alves dos Santos, C., Martins de Oliveira Soares Vicente, A. A., & Vessoni Penna, T. C. (2010). Ohmic heating a review. *Trends in Food Science and Technology*, *21*(9), 436–441.

[11] Sastry, S., Abdelrahim, K., Ramaswamy, H. S., & Marcotte, M. (2014). *Ohmic heatingin food processing*. CRC press.

[12] Sastry, S. K., & Barach, J. T. (2000). Ohmic and inductive heating. *Journal of Food Science*, *65*, 42–46.

[13] Castro, I., Teixeira, J. A., Salengke, S., Sastry, S. K., & Vicente, A. A. (2004). Ohmic heating of strawberry products: Electrical conductivity measurements and ascorbic acid degradation kinetics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *5*(1), 27–36.

[14] Vikram, V. B., Ramesh, M. N., & Prapulla, S. G. (2005). Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.29252/fsct.16.95.1]

electromagnetic and conventional methods. *Journal of Food Engineering*, *69*(1), 31–40.

[15] Sarang, S., Sastry, S. K., & Knipe, L. (2008). Electrical conductivity of fruits and meats during ohmic heating. *Journal of Food Engineering*, *87*(3), 351–356.

[16] Aydin, C. (2002). Physical properties of hazel nuts. *Biosystems Engineering*, *82*(3), 297–303.

[17] Koyuncu, M. A., Ekinci, K., & Savran, E. (2004). Cracking characteristics of Walnut. *Biosystems Engineering*, *87*(3), 305–311.

[18] Alami, H., khoshtaghaza, MH., Minaei, S. (2009). Determination of mechanical properties of soybean seed in quasi-static loading. *Food Science and Technology*, *6*(2), 113–124.

[19] Nissreen, A.-G. (1998). Modelling textural changes during the hydration process of red beans. *Journal of Food Engineering*, *38*(3), 341–352.

[20] Shitanda, D., Nishiyama, Y., & Koide, S. (2002). Compressive strength properties of rough rice considering variation of contact area. *Journal of Food Engineering*, *53*(1), 53–58.

[21] Golmohammadi, A., Sabouri, P., Mesri, G.T. (2013). Effect of Moisture on Some Mechanical Properties of Three varieties of pistachio. *Food Industry Research (Agricultural Knowledge)*, *23*(2).

[22] Zaki-Dizaji, H., Minaei, S. (2007). Determination of some physical and mechanical properties of pea seeds. *Food Science and Technology*, *4*(2), 57–66.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.29252/fsct.16.95.1]

The effect of ohmic heating process on some mechanical properties of green beans

Rokhbin, A. [1*], Azadbakht, M. [2], Asghari, A. [3]

1. Msc. Student Department of Mechanical Engineering Department Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Associate Professor Department of Mechanical Engineering Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Assistant Professor Department of Mechanical Engineering Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Iran.

(Received: 2019/05/20 Accepted:2019/12/08)

The moisture content of the beans and the pods of the green beans were determined and the samples were then subjected to ohmic pretreatment at the specified levels. For this purpose, force-deformation device was used. Static loading was performed to determine the mechanical properties of the pre-treated specimens. Experiments were carried out in a completely randomized design with factorial experiment. The effect of ohmic heating parameters at three time levels of 3,6 and 9 minutes and three voltage levels of 30,50,70 V and for vertical loading at one surface was investigated. The results showed that both factors (ohmic heating time and voltage value) had a significant effect on fracture force and other mechanical properties, so that with increasing ohmic heat duration the amount of fracture force and other mechanical properties decreased. The result of the loading was that in the fracture force section of the grain the maximum value of 3 minutes was 30 V with a value of 19.193 N and the lowest value was 9 minutes with a voltage of 70 grain equal to 5.58 and in the discussion of grain failure energy the highest and The lowest values were 21.622 N and 5.77 N respectively, which were 30 V and 3 min for maximum and 70 V and 6 min for minimum. In the discussion of the fracture force of green bean pod with grain the highest value was 30 V and 3 min time equal to 578.13 N and 72.35 N 35 min which was 70 V and 3 min time and also the highest and lowest energy The fracture-like fracture force of this sample at the same time and voltage were 656.49 and 187.38, respectively.

Keywords: Green beans, Ohmic heating, Static loading, Failure force, Failure energy

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.29252/fsct.16.95.1]

* Corresponding Author E-Mail Address: azadbakht@gau.ac.ir