نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 13، شماره 4، مهر - آبان 1396، ص. 552-540

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 4, Oct- Nov 2017, p. 540-552

ارزیابی خصوصیات حسی و بافتی مغز بادام‌زمینی برشته شده با روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی

هادی باقری[1]- مهدی کاشانی نژاد[2*]- مهران اعلمی[3]- امان محمد ضیائی‌فر[4]

تاریخ دریافت: 1395/02/19
تاریخ پذیرش: 1395/06/20

چکیده

برشته کردن یکی از متداول‌ترین اشکال فرآوری مغزها بوده و هدف آن افزایش پذیرش کلی فرآورده است. در این پژوهش اثر دمای هوای داغ (140، 160 و 180 درجه سانتی‌گراد) و زمان (10، 20 و 30 دقیقه) برشته کردن در سرعت ثابت جریان هوای داغ (1 متر بر ثانیه) بر خصوصیات بافتی (نیروی شکست، سفتی، مدول الاستیسیته ظاهری، و انرژی فشاری) و حسی (رنگ، بافت، طعم و مزه، بوی برشته‌شدگی، پذیرش کلی و پذیرش نهایی) مغز بادام زمینی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش دما و زمان فرایند برشته کردن خصوصیات بافتی همچون نیروی شکست (N 75/19 -45/92)، سفتی (N 81/74 -48/90)، مدول الاستیسیته ظاهری (N/s 508/ 7-466/5) و انرژی فشاری (N.s 469/0 -199/1) کاهش وخصوصیات حسی همچون طعم و مزه و بوی برشته‌شدگی بهبود می‌یابد. همچنین نتایج بررسی خصوصیات حسی نشان داد که مغز بادام‌زمینی برشته شده دارای پذیرش مناسب‌تری از نظر رنگ (4/50)، بافت (4/15)، طعم و مزه (3/89)، بوی برشته‌شدگی (4/05)، پذیرش کلی (4/65) پذیرش نهایی (3/97) در دما و زمان برشته کردن 160 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه می‌باشد. نتایج ضریب اهمیت (ضریب استاندارد شده) بدست آمده در آزمون رگرسیون PLS درمورد متغیرهای نیروی شکست، سفتی، مدول الاستیسیته و انرژی فشاری نشان داد که به‌جزء پارامتر بوی برشته‌شدگی، در سایر پارامترهای حسی، مدول ظاهری الاستیسیته دستگاهی بالاترین ضریب اهمیت را در مدل رگرسیون PLS برای پیشگویی تک تک صفات حسی برخوردار بود. نتایج آزمون PLS نشان داد که روش دستگاهی اندازه‌گیری بافت به خوبی می‌تواند صفات حسی مغز برشته شده بادام‌زمینی را پیش‌بینی کند، در نتیجه اندازه‌گیری مدول الاستیسیه ظاهری مغز بادام‌زمینی با روش دستگاهی می‌تواند جایگزین بخشی از آزمون حسی به‌منظور ارزیابی کیفیت محصول گردد.

واژه‌های کلیدی: برشته کردن، ارزیابی حسی، رگرسیون PLS، مغز بادام‌زمینی

مقدمه

بادام‌زمینی از نظر کشت جزء دومین بقولات بعد از سویا محسوب می‌شود و می‌تواند تامین کننده مهترین نیازهای تغذیه‌ای انسان باشد (Jiao *et al*., 2015). این ماده غذایی با ارزش حاوی 36 تا 54 درصد روغن، 16 تا 36 درصد پروتئین و 10 تا 20 درصد کربوهیدرات می‌باشد. ارزش غذایی بالا، خوشمزه بودن، هضم راحت و کالری بالا از ویژگی‌هایی است که باعث شده این محصول جزء آجیل‌های پرمصرف شناخته شود، به‌علاوه بادام‌زمینی منبعی سرشار از مواد معدنی و ویتامین‌های مختلف به‌شمار می‌آید (Vollmannn and Rajcan, 2010). به‌جزء روغن‌کشی، بادام‌زمینی به‌علت دارا بودن ارزش تغذیه‌ای بالا همچون اسنک قابل استفاده و مصرف می‌باشد. بادام‌زمینی نمک‌زده برشته شده یکی از محبوب‌ترین اسنک‌های خوراکی محسوب می‌شود و برشته کردن یکی از مراحل اصلی تولید آن به‌شمار می‌آید (Yang *et al*., 2011) و به‌طور مستقیم در کیفیت (چیپسی، رنگ و طعم و مزه) و زمان ماندگاری محصول نهایی اثرگذار است (Chen *et al*., 2010).

برشته نمودن دانه‌های آجیلی منجر به ایجاد تغییر در رنگ، طعم، بافت و ظاهر آن‌ها می‌گردد، بنابراین برشته نمودن درست و اصولی مغزها و آجیل‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. استفاده از ترکیب-های دما - زمان نامناسب منجر به کاهش کیفیت فرآورده، کاهش زمان ماندگاری و از دست دادن عطر و طعم مغزها خواهد شد (Kahyaoglu and Kaya, 2006; Saklar *et al*,. 2001). طعم و

1، 2، 3 و 4- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار و استادیار، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
(* - نویسنده مسئول: (Email: kashani@gau.ac.ir
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.55793

بافت (تردی و شکنندگی) پارامترهایی هستند که معمولا در صنعت کنترل نمی‌شوند در حالی که از دید مصرف‌کننده، شاخص‌های مهمی هستند، لذا اثر برشته کردن بر این پارامترها نیز باید مورد بررسی قرار گیرد (Saklar *et al*., 1999).

بافت مغزهای برشته شده تأثیر زیادی در درک مصرف‌کنندگان از کیفیت محصول مورد نظر دارد و ارزیابی بافت مغز برشته شده اغلب مرحله مهمی در توسعه محصول جدید یا بهینه کردن متغیرهای یک فرآیند می‌باشد، بنابراین ارزیابی بافت مغزها ضروری و مهم به‌نظر می‌رسد (Saklar *et al*,. 1999) در این راستا بررسی خصوصیات بافتی مغزها توسط محققانی همچون Kita و Figiel (2006)، Kahyaoglu و Kaya (2006)، Nikzadeh و Sedaghat (2008) و Mohammadi Moghaddam و همکاران (2015) مورد بررسی قرار گرفته است. این محققان با بررسی اثر زمان و دما بر خصوصیات بافتی مغزها نشان دادند که با افزایش دما و زمان برشته کردن و همچنین با کاهش میزان رطوبت، میزان سختی بافت کاهش پیدا می‌کند. همچنین برخی از مطالعات اثر فرایند برشته کردن بر خصوصیات حسی و بافتی مغزها را مورد بررسی قرار دادند که می‌توان به مواردی همچون مطالعه Raei و همکاران (2009) و Shakerardekani و همکاران (2011) در خصوص ارتباط بین خصوصیات حسی و بافتی مغز پسته اشاره کرد.

از طرفی مطالعات در مورد مغزها با روش ارزیابی حسی نیز به کرات برای ارزیابی کیفیت بافت مغزها مورد استفاده قرار می‌گیرد و استفاده از حواس انسان برای ارزیابی مواد غذایی، دارای محدودیت‌های زیادی می‌باشد که اغلب ارزیابی حسی انجام شده داری خطا بوده و یا تکرارپذیری آن امکان‌پذیر نیست (Gambaro *et al*, 2004)، لذا استفاده از داده‌های دستگاهی که بتواند منعکس‌کننده اندازه‌گیری‌های حسی باشند و دارای همبستگی بالای با نتایج حسی باشند، می‌تواند مفید واقع گردد.

با توجه به بررسی انجام شده تاکنون هیچ تحقیقی در خصوص بررسی همزمان دو پارامتر دما و زمان برشته کردن بر خصوصیات بافتی و حسی بادام‌زمینی برشته شده و همچنین بررسی ارتباط بین خصوصیات دستگاهی و حسی با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS) منتشر نشده است. بنابراین هدف از این مطالعه در مرحله اول بررسی اثرات دما و زمان (دماهای 140، 160 و 180 درجه سانتی‌گراد و زمان 10، 20 و 30 دقیقه) بر خصوصیات بافتی (نیروی شکست، سفتی، مدول الاستیسیته ظاهری و انرژی فشاری) و حسی و سپس بررسی به‌کارگیری رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS) برای پیدا کردن روابط همبستگی بین خصوصیات حسی و بافت دستگاهی بود.

مواد و روش‌ها

بادام‌زمینی خام (رقم گلی) از مزرعه مینودشت تهیه و پس از آن به روش آفتابی (غیرمستقیم و در سایه به مدت 10 روز) خشک و تا زمان آزمایش در محل خشک نگهداری (برای نگهداری بادام‌زمینی در دمای 6 درجه سلیسیوس یخچال از کیسه‌های زیپ پک چند لایه استفاده گردید) شدند. بعد از سایزبندی، نمونه‌های با ابعاد یکسان برای انجام آزمایش انتخاب گردید. میزان رطوبت اولیه در مغزهای بادام‌زمینی حدود 5/1 درصد بر پایه ماده خشک بود که این مقدار رطوبت در شرایط استاندارد قرار داشت و متوسط ابعاد بادام‌زمینی استفاده شده در این آزمایش به ترتیب برای طول، عرض و ضخامت حدود 18/68، 9/63 و 7/85 میلی‌متر بود.

آماده‌سازی نمونه‌ها

برای آماده‌سازی نمونه‌ها، مغز بادام‌زمینی‌ها (100 گرم) به مدت 30 دقیقه با نسبت وزنی یک به پنج در محلول آب نمک 25 درصد قرار گرفت. در طی این مدت، نمونه‌ها به آرامی و با سرعت یکنواخت همزده شدند. در مرحله بعد، نمونه‌ها از آب نمک خارج و توسط فیلتر پارچه‌ای آب نمک سطحی آن‌ها گرفته شد و در ادامه فرایند برشته کردن بر روی بادام‌زمینی‌ها انجام گرفت. در این مرحله رطوبت مغز بادام‌زمینی به حدود 8/27 درصد بر پایه ماده خشک رسید (Mohammadi Moghaddam *et al*,. 2015).

فرایند برشته کردن

به‌منظور ایجاد شرایط ثابت در اتاقک برشته‌کن، دستگاه به مدت 15دقیقه قبل از شروع فرایند روشن گردید. مغزهای بادام‌زمینی به‌صورت لایه نازک در اتاقک برشته‌کن قرار گرفت. برشته کردن مغزهای بادام‌زمینی با سامانه هوای داغ در دماهای 140، 160 و 180 درجه سانتی‌گراد، زمان 10، 20 و 30 دقیقه و سرعت جابجایی هوای داغ ثابت (1 متر بر ثانیه) انجام گردید. سپس مغز برشته شده در پلاستیک‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی شده و تا زمان انجام آزمایشات نگهداری شدند.

خصوصیات بافتی

برای انجام آزمون بافت، ابتدا مغز بادام‌زمینی به دو نیمه تقسیم و از 3 قسمت کاملا یکسان برای اندازه‌گیری آزمون بافت استفاده شد (Kita and Figiel, 2006). بدین منظور برای انجام آزمون فشاری از دستگاه بافت‌سنج TA-XT Plus Texture Analyzer (Micro Systems Ltd., Surrey, UK TA-XT Plus, Stable, England) استفاده شد. پروب استوانه‌ای شکل به قطر 25 میلی‌متر و با سرعت 5 میلی‌متر بر دقیقه مورد استفاده قرار گرفت. اتمام آزمون

زمانی بود که بافت کاملا تخریب شده باشد. دانه‌های نصف شده بادام‌زمینی از قسمت تعادل (بعد ضخامت) مورد آزمون فشاری قرارگرفتند. خروجی‌های به‌دست آمده توسط دستگاه بافت‌سنج به‌صورت نیرو - زمان می‌باشد. بنابراین واحد پارامترهای بافتی هم بر اساس نیوتن و ثانیه محاسبه شد. پارامترهای مکانیکی بافتی به‌دست آمده شامل نیروی شکست (N)، سفتی (N)، مدول الاستیسیته ظاهری (N/s) و انرژی فشاری (N.s) بودند. نیروی شکست مقدار نیرو در شروع نقطه شکست می‌باشد که با توجه به داده‌های این آزمایش به‌عنوان اولین نیرو در نقطه شکست در نظر گرفته شد که ممکن است با سفتی یکی باشد. سفتی به‌عنوان حداکثر نیرو در طول آزمایش در نظر گرفته شد. مدول الاستیسیته ظاهری نسبت نیرو به زمان در محدوده الاستیک می‌باشد. انرژی فشاری سطح زیر منحنی نیرو- زمان می‌باشد که بیانگر مقدار کار تا حداکثر نیروی نهایی است (Mohammadi Moghaddam *et al*,. 2015).

خصوصیات حسی

برای بررسی خصوصیات حسی مغز بادام‌زمینی برشته شده از 10 دانشجویی صنایع غذایی آموزش دیده (تعداد 7 خانم و 3 آقا بین محدود سنی 22 الی 30) دانشگاه علوم کشاورزی گرگان و موسسه آموزش عالی بهاران) به‌عنوان داور استفاده گردید. در این بررسی از مقیاس هیدونیک 5 نقطه‌ای استفاده گردید. خصوصیات مورد نظرشامل، رنگ، بوی برشته‌شدگی، طعم و مزه، سفتی و پذیرش کلی (امتیاز کسب شده توسط داور) و پذیرش نهایی (میانگین امتیاز خصوصیات حسی) بود.

به‌کارگیری رگرسیونPLS

یکی از ابزارهای مهم برای پیش‌بینی متغیرهای وابسته از روی متغیرهای مستقل، استفاده از معادلات رگرسیون می‌باشد. وجود برخی از معایب همچون وجود هم خطی بین متغیرهای مستقل یا توضیحی در برخی از مطالعات باعث نامعتبر شدن مطالعات رگرسیونی (حداقل مربعات عمومی) شده است. از این رو محققان روش‌های جدیدی برای بنا کردن معادله پیش‌بینی ارائه داده‌اند که روش رگرسیونی موسوم به کمترین مربعات جزئی (PLS) از مهمترین این معادلات می‌باشد. دراین روش مؤلفه‌های جدید متعامدی که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه هستند، ایجاد شده سپس از این مؤلفه‌ها برای ساختن معادله رگرسیونی استفاده می‌شود. در مدل رگرسیون PLS ضرایب استاندارد VIP[1] منعکس کننده اثر تک تک xها بر روی yها می‌باشد و به آسانی در نمودار PLS قابل مشاهده است و به این ترتیب مؤثرترین متغیرها و درجه اهمیت آن‌ها به سرعت شناسایی و تشخیص داده می‌شوند (Tenenhaus *et al*., 2005). آزمون رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS) می‌تواند به‌خوبی ویژگی‌های حسی بافت را بوسیله اندازه‌گیری‌های دستگاهی بافت پیش‌بینی کند و ارتباط بین ماتریس‌های حسی و فیزیکی را مورد آنالیز قرار دهد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تاثیر متغیرهای مستقل (دما و زمان برشته شدن) بر متغیرهای وابسته با استفاده از طرح فاکتوریل و تجزیه واریانس توسط نرم‌افزار آماری Minitab 16 انجام شد. مقایسه میانگین در سطح 5 درصد انجام شد و سپس با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن گروه‌بندی و مقایسه نتایج به کمک نرم‌افزار صورت گرفت. همچنین به‌منظور بررسی روابط بین متغیرهای مستقل (نیروی شکست، سفتی، مدول الاستیسیته ظاهری و انرژی فشاری) و وابسته صفات حسی مغز بادام‌زمینی برشته شده شامل رنگ، بافت، طعم و مزه، پذیرش کلی و پذیرش نهایی) از روش رگرسیون کمترین مربعات جزئی (PLS) با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 انجام گردید.

نتایج و بحث

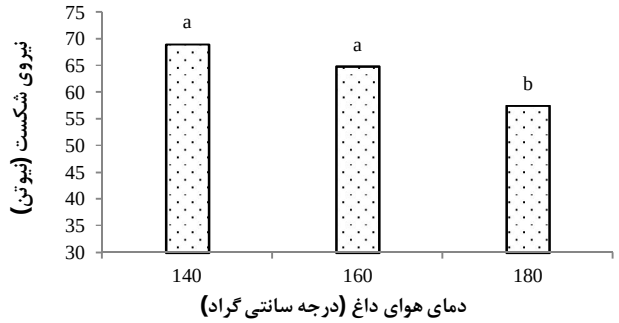
نیروی شکست

آنالیز واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌داری دما و زمان بر میزان نیروی شکست بود ($P<0.05$)، اما برهمکنش دوگانه دما و زمان بر میزان نیروی شکست معنی‌دار نبود ($P\geq0.05$). شکل 1 و 2 به ترتیب نشان‌دهنده اثر مستقل دما و زمان بر میزان نیروی شکست می‌باشد، و اثر برهمکنش دوگانه دما و زمان در جدول 1 آورده شده است. همان‌طور که در شکل1 و 2 دیده می‌شود با افزایش دما و زمان فرایند برشته کردن میزان نیروی شکست کاهش یافت. با افزایش دما و زمان فرایند، میزان رطوبت در مغز بادام‌زمینی کاهش یافته و مغز بادام‌زمینی ترد و شکننده می‌شود، بنابراین نیروی شکست کاهش می‌یابد. طی فرایند برشته کردن بافت مغزها شکننده می‌شوندکه این ویژگی یکی از خصوصیات فرآورده‌های برشته شده است (Vincent, 2004).

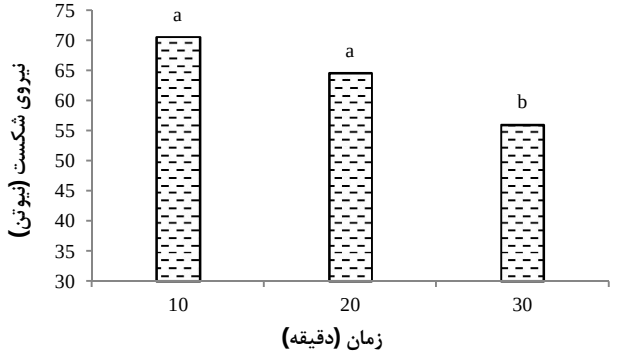
با توجه به جدول1، نیروی شکست مغزهای برشته شده در دما و زمان‌های مختلف، در دامنه N 45/92 -75/19 قرار داشت و به‌ترتیب پائین‌ترین و بالاترین نیروی شکست مربوط به مغز بادام‌زمینی برشته شده با دمای هوای داغ 180به مدت 30 دقیقه و 140 دقیقه به مدت 10 دقیقه بود.

محققانی همچون Saklar و همکاران (1999)، Dogan و Cronin (2004)، Sedaghat و Nikzadeh (2008)، Mohammadi Moghaddam و همکاران (2015) گزارش دادند که طی برشته کردن دانه‌ها نیروی شکست کاهش می‌یابد.

1 Variable Importance in Projection



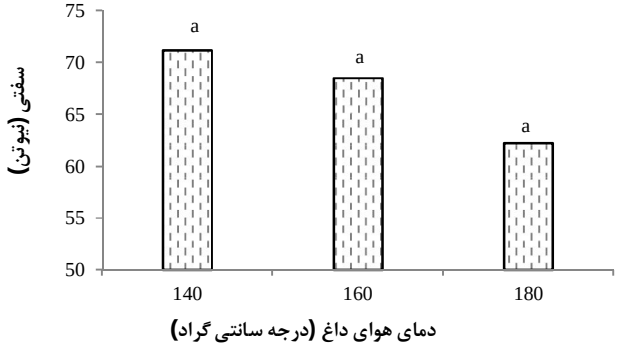
شکل 1- اثر دمای هوای داغ بر میزان نیروی شکست در طول فرایند برشته شدن



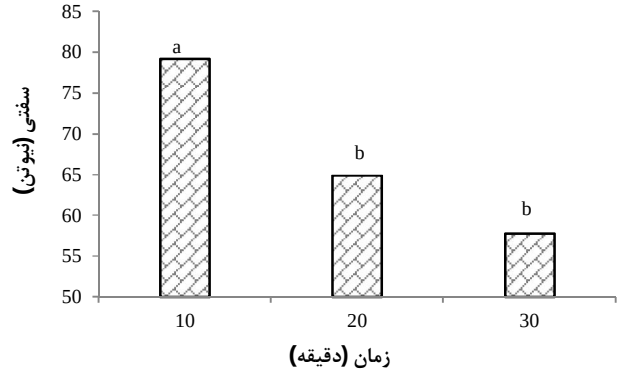
شکل 2- اثر زمان فرایند برشته کردن بر میزان نیروی شکست در طول فرایند برشته شدن

سفتی اندازه‌گیری شده به روش دستگاهی

سفتی یکی از پارامترهای مهم و تاثیرگذار است که باید طی فرایند برشته کردن کنترل شود. بررسی آنالیز واریانس نشان داد که اثر زمان برشته کردن بر سفتی بافت معنی‌دار است ($P<0.05$)، اما اثر دما و اثر متقابل دما و زمان بر میزان سفتی معنی‌دار نبود ($P\geq0.05$). افزایش دمای برشته کردن باعث کاهش نیروی شکست شد، اما این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل3). اثر زمان بر میزان سفتی نشان‌دهنده کاهش سفتی با گذشت زمان برشته کردن می‌باشد، به‌طوری که با گذشت 30 دقیقه از زمان فرایند میزان سفتی بافت به 57/79 N رسید (شکل 4). این بدین معنی است که قدرت بافت مغز بادام‌زمینی در طی فرایند برشته کردن کاهش می‌یابد. برشته کردن دانه‌های آجیلی منجر به نفوذ تدریجی گرما در مغز شده و در نتیجه باعث کاهش رطوبت و سختی و افزایش تردی مغز می‌شود (Mohammadi Moghaddam *et al*,. 2015).



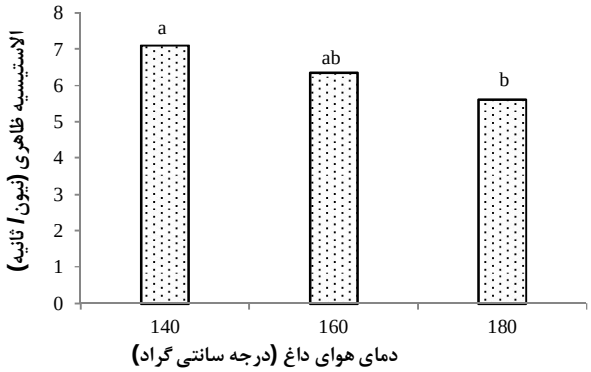
شکل 3- اثر دمای هوای داغ بر سفتی بافت مغز بادام‌زمینی در طول فرایند برشته شدن



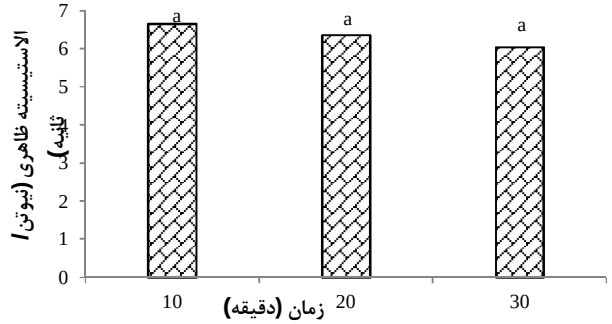
شکل 4- اثر زمان برشته کردن بر سفتی بافت مغز بادام‌زمینی در طول فرایند برشته شدن

مدول الاستیسیته ظاهری

مقدار مدول الاستیسیته ظاهری وابسته به میزان سفتی نمونه برشته شده است و این مدول قبل از ایجاد هرگونه شکست در بافت اندازه‌گیری می‌شود و مقدار آن از روی شیب ناحیه خطی (ابتدایی) منحنی نیرو- زمان محاسبه می‌شود (Mohammadi Moghaddam *et al*,. 2015)؛ به‌عبارت دیگر شیب ناحیه خطی منحنی نیرو- زمان نشان‌دهنده مدول مدول الاستیسیته ظاهری می‌باشد (Shieh *et al*., 2004).اثر دمای برشته کردن بر مدول الاستیسیته ظاهری مغزهای بادام‌زمینی معنی‌دار بود ($P<0.05$) (شکل 5) اما اثر زمان و اثر متقابل این دو فاکتور بر مدول الاستیسیته ظاهری معنی‌دار نبود ($P\geq0.05$) (شکل 6 و جدول 1).



شکل 5- اثر دمای برشته کردن بر میزان مدول الاستیسیته ظاهری در طول فرایند برشته شدن



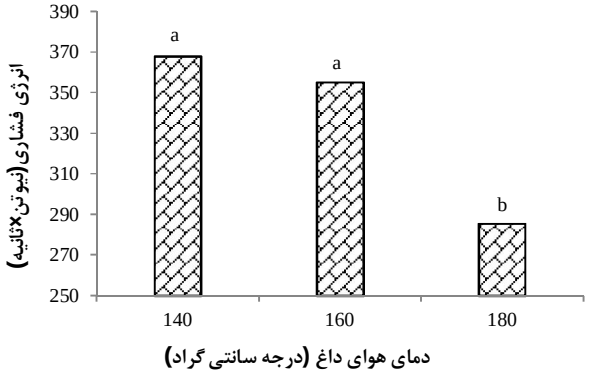
شکل 6- اثر زمان برشته شدن بر میزان مدول الاستیسیته ظاهری در طول فرایند برشته شدن

رنج مدول الاستیسیته ظاهری برای مغزهای برشته شده بین N/s 5/467-7/51 قرار داشت به‌طوری که بالاترین مقدار مدول الاستیسیته ظاهری مربوط به نمونه برشته شده در دمای 140 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 دقیقه و پائین‌ترین مقدار آن مربوط به نمونه

برشته شده در دمای 180 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه می‌باشد (جدول 1).

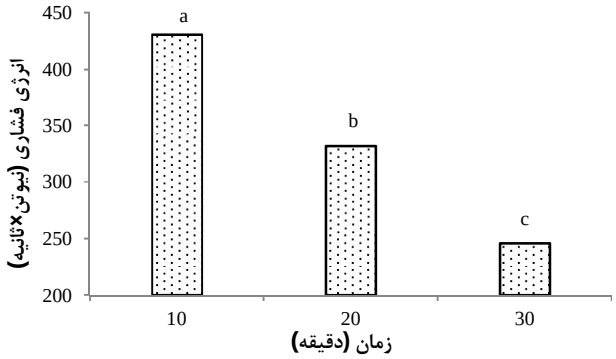
انرژی فشاری

انرژی فشاری نشان‌دهنده میزان کار لازم برای رسیدن به نقطه نهایی شکست یعنی سفتی می‌باشد و از محاسبه سطح زیر منحنی نیرو- زمان بدست می‌آید؛ به عبارت دیگر انرژی فشاری نشان‌دهنده میزان قدرت پیوندهای بین ملکولی در ماده است (Razavi and Edalatian, 2012). اثر شرایط فرایند بر انرژی فشاری معنی‌دار بود به‌طوری که با افزایش دما و زمان فرایند میزان انرژی فشاری کاهش یافت ($P<0.05$). مقدار انرژی فشاری مشاهده شده برای مغز بادام‌زمینی در رنج N.s 496- 199 قرار داشت.



شکل 7- اثر دمای برشته کردن بر میزان انرژی فشاری در طول فرایند برشته شدن

با افزایش دما از 140 به 160 درجه سانتی‌گراد میزان انرژی فشاری کاهش یافت اما از لحاظ آماری معنی‌دار نبود و استفاده از دمای 180 درجه سانتی‌گراد، میزان انرژی فشاری را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (شکل 7). شکل 8 اثر زمان فرایند را بر انرژی فشاری نشان می‌دهد. با افزایش زمان فرایند میزان انرژی فشاری به‌طور پوسته کاهش یافت. برهمکنش دوگانه بین دمای هوای داغ و زمان فرایند بر انرژی فشاری مغز بادام‌زمینی معنی‌دار نبود ($P\geq0.05$) (جدول1).



شکل 8- اثر زمان برشته کردن بر میزان انرژی فشاری در طول فرایند برشته شدن

خصوصیات حسی مغز بادام‌زمینی برشته شده

جدول 2 و 3 نتایج مقایسه میانگین آزمون ارزیابی حسی نمونه‌های بادام‌زمینی برشته شده را نشان می‌دهد. رنگ به‌عنوان اولین فاکتور و پارامتر برای کنترل فرایند برشته کردن استفاده می‌شود، چرا که پیگمان‌های رنگی در طول فرایند برشته کردن در اثر واکنش‌های شیمیایی همچون واکنش‌های قهوه‌ای شدن و کاراملیزاسیون افزایش می‌یابد (Moss and Otten, 1989)

بررسی ویژگی حسی رنگ نشان داد که اثر دما و اثر متقابل دما و زمان به‌طور معنی‌داری بر میزان پذیرش تاثیر گذارند ($P<0.05$)، این در حالی است که اثر زمان بر این ویژگی معنی‌دار نبود ($P\geq0.05$). بررسی اثر دما نشان داد که با افزایش دما از 140 به 160 درجه سانتی‌گراد امتیاز حسی رنگ افزایش یافت، اما امتیاز پذیرش رنگ در دمای 180 درجه سانتی‌گراد با کاهش معنی‌دار مواجه شد که علت این

امر به دلیل ایجاد رنگ تیره نامطلوب در نمونه‌های برشته شده در دمای 180 درجه سانتی‌گراد بود.

برای ارزیابی بافت مواد غذایی جامد و مغزها، نمونه‌ای از ماده غذایی بین دندان‌های آسیاب قرار گرفته و میزان مطلوبیت و یا سفتی بافت اندازه گیری می‌شود (Bourne, 2002). بررسی امتیاز حسی بافت نشان داد که با افزایش دما و زمان فرایند، میزان امتیاز بافت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0.05$) و اثر متقابل این دو پارامتر بر امتیاز حسی بافت معنی‌دار نبود ($P\geq0.05$) (جدول 2 و 3). فرایند برشته کردن با تغییر ساختار داخلی مغزها، منجر به ایجاد مطلوبیت در بافت شده و بافت مغز ترد و شکننده می‌شود؛ از این‌رو در طی فرایند برشته کردن میزان مطلوبیت بافت افزایش یافت (Lee and Resurreccion 2006).

بهبود مطلوبیت بافت در طی فرایند برشته کردن توسط بسیاری از محققان همچون Saklar و همکاران (1999)، Wanlapa و Jindal (2006)، Varela و همکاران (2008)، McDaniel و همکاران (2012) و Mohammadi Moghaddam و همکاران (2015) اشاره شده است.

فرایند برشته کردن منجر به ایجاد طعم و مزه مطلوب در مغزها و در نتیجه منجر به افزایش پذیرش محصول می‌شود (Buckholz *et al.*, 1980; Mayer, 1985). بررسی اثر دما و زمان و اثر متقابل دما و زمان بر طعم و مزه بادام‌زمینی برشته شده، نشان‌دهنده اثر معنی‌داری این پارامترها بر میزان پذیرش طعم و مزه بود (جدول 2 و 3) در طول فرایند برشته کردن تغییرات شیمیایی در ترکیبات پروتئینی و کربوهیدارتی منجر به ایجاد طعم و مزه و بوی برشته شدگی می‌گردد.

بررسی بوی برشته شدگی نشان داد که فقط اثر زمان باعث تغییر معنی‌داری این پارامتر می‌شود و دما و اثر متقابل این دو پارامتر بر عطر و طعم برشته شدگی معنی‌دارنبود (جدول 2 و 3)

Buckholz و همکاران (1980) گزارش کردند که زمان برشته کردن تاثیر معنی‌داری در میزان طعم و مزه فرآورده می‌گذارد.

میزان پذیرش کلی نشان‌دهنده امتیاز داده شده توسط پانلیست‌ها می‌باشد و پذیرش نهایی میانگین امتیازات داده شده توسط پانلیست‌ها می‌باشد. بالاترین میزان پذیرش کلی مربوط به نمونه برشته شده در دمای 160 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه می‌باشد و استفاده از دمای 180 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه منجر به کاهش پذیرش کلی و نهایی فرآورده گردید (جدول 2 و 3).

جدول 1- برهمکنش دمای هوای داغ و زمان برشته شدن بر پارامترهای بافتی مغز بادام‌زمینی برشته شده.

دما (°C)	زمان (دقیقه)	نیروی شکست (نیوتون)	سختی (نیوتون)	مدول ظاهری (ثانیه/نیوتون)	انرژی فشاری (نیوتون× ثانیه)
140	10	75/19^{a*}	81/74^{a}	7/508^{a}	469/0^{a}
140	20	69/30^{ab}	69/30^{abc}	7/205^{a}	364/6^{abcd}
140	30	62/49^{ab}	62/49^{bcd}	6/598^{a}	269/7de
160	10	68/97^{ab}	76/96^{ab}	6/618^{a}	441/7^{ab}
160	20	65/67^{ab}	66/54^{abc}	6/394^{a}	355/0^{bcd}
160	30	59/65^{b}	61/99^{bcd}	6/050^{a}	268/3de
180	10	67/67^{ab}	78/96^{ab}	5/861^{a}	380/7^{abc}
180	20	58/88^{b}	58/88^{cd}	5/486^{a}	276/7^{cde}
180	30	45/92^{c}	48/90^{d}	5/466^{a}	199/1^{e}

*حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد است.

جدول2- اثر دما و زمان برشته کردن بر خصوصیات حسی مغز بادام‌زمینی

پارامتر کیفی		دما (درجه سانتی‌گراد)			زمان (دقیقه)		
		140	160	180	10	20	30
پارامترهای حسی	رنگ	3/95^{b*}	4/23^{a}	3/45^{c}	3/83^{a}	3/92^{a}	3/88^{a}
	بافت	3/20^{b}	3/86^{a}	3/98^{a}	3/55^{b}	3/65^{ab}	3/84^{a}
	طعم و مزه	2/96^{b}	3/56^{a}	3/26^{a}	2/98^{b}	3/29^{a}	3/40^{a}
	بوی برشته شدگی	3/41^{a}	3/62^{a}	3/61^{a}	3/23^{b}	3/55^{ab}	3/88^{a}
	پذیرش کلی	4/08^{b}	4/33^{a}	4/05^{b}	3/98^{b}	4/23^{a}	4/25^{a}
	پذیرش نهایی	3/45^{b}	3/74^{a}	3/55^{b}	3/43^{b}	3/58^{ab}	3/63^{a}

*حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد است.

جدول 3- برهمکنش دما و زمان برشته کردن بر پارامترهای حسی مغز بادام‌زمینی برشته شده

دما (°C)	زمان (دقیقه)	رنگ	بافت	طعم و مزه	بوی برشته شدگی	پذیرش نهایی	پذیرش کلی
140	10	3/9^{bcd*}	3/12^{d}	2/71^{d}	3/06^{b}	3/24^{d}	4^{b}
140	20	3/95^{bc}	3/19^{d}	2/93^{cd}	3/38^{ab}	3/35^{cd}	4/1^{b}
140	30	4^{bc}	3/28^{d}	3/25^{bc}	3/80^{ab}	3/46^{bcd}	4/15^{b}
160	10	4/05^{b}	3/65^{c}	2/95^{cd}	3/20^{ab}	3/54^{bcd}	4^{b}
160	20	4/15^{ab}	3/78^{bc}	3/51^{ab}	3/67^{ab}	3/71^{ab}	4/35^{ab}
160	30	4/5^{a}	4/15^{a}	3/89^{a}	4/05^{a}	3/97^{a}	4/65^{a}
180	10	3/55^{d}	3/88^{abc}	3/28^{bc}	3/44^{ab}	3/53^{bcd}	3/95^{b}
180	20	3/65^{cd}	3/98^{abc}	3/44^{ab}	3/60^{ab}	3/68^{abc}	4/25^{b}
180	30	3/15^{e}	4/1^{ab}	3/05^{bcd}	3/80^{ab}	3/45^{bcd}	3/95^{b}

*حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد است.

همبستگی بین خصوصیات حسی و خصوصیات بافتی

ارتباط میان اندازه‌گیری‌های خصوصیات بافتی مغز برشته شده به روش دستگاهی و پذیرش حسی مغز برشته شده به روش ارزیابی حسی در شکل 9 و جدول 4 نشان داده شده است با توجه به جدول 4 بالاترین میزان ارتباط بین مدول الاستیسیته ظاهری و پذیرش بافت دیده شد که یک ارتباط خطی منفی قوی می‌باشد و بدین معنی است که با افزایش مدول الاستیسیته ظاهری از میزان پذیرش بافت کاسته می‌شود. بین خصوصیات حسی و خصوصیات بافت دستگاهی به‌جز رنگ یک همبستگی منفی وجود دارد. این بدین معنی است که با افزایش پارامترهای همچون نیروی شکست، سفتی، مدول الاستیسته ظاهری و انرژی فشاری از میزان طعم و مزه، بوی برشته‌شدگی، پذیرش بافت و پذیرش کلی و نهایی کاسته می‌شود.

این داده‌ها نشان‌دهنده راهکاری مفید برای صنعت می‌باشد، چرا که استفاده از داده‌های دستگاهی در مقابل داده‌های حسی (نیازمند آموزش پانلیست و هزینه زیاد) از دقت بالاتری و با هزینه کمتری امکان پذیر است و می‌توان از این طریق میزان پذیرش مصرف کننده را تخمین زد (Gonzalez Vinas *et al*,. 2007).

جدول 4- ضریب همبستگی میان داده‌های حسی و سفتی دستگاهی مغز برشته شده بادام‌زمینی

	رنگ	بافت	طعم و مزه	بوی برشته شدگی	پذیرش کلی	پذیرش نهایی
نیروی شکست (N)	0/4663	-0/6996	-0/3712	-0/7359	-0/2152	-0/3423
سفتی (N)	0/2891	-0/5319	-0/4148	-0/7857	-0/3675	-0/3506
مدول الاستیسته (N.s)	0/4480	-0/9037	-0/5693	-0/6124	-0/2842	-0/56
انرژی فشاری(N/s)	0/2781	-0/5718	-0/5281	-0/8801	-0/4099	-0/4091

بررسی درصد تغییرات و تعداد مولفه‌ها

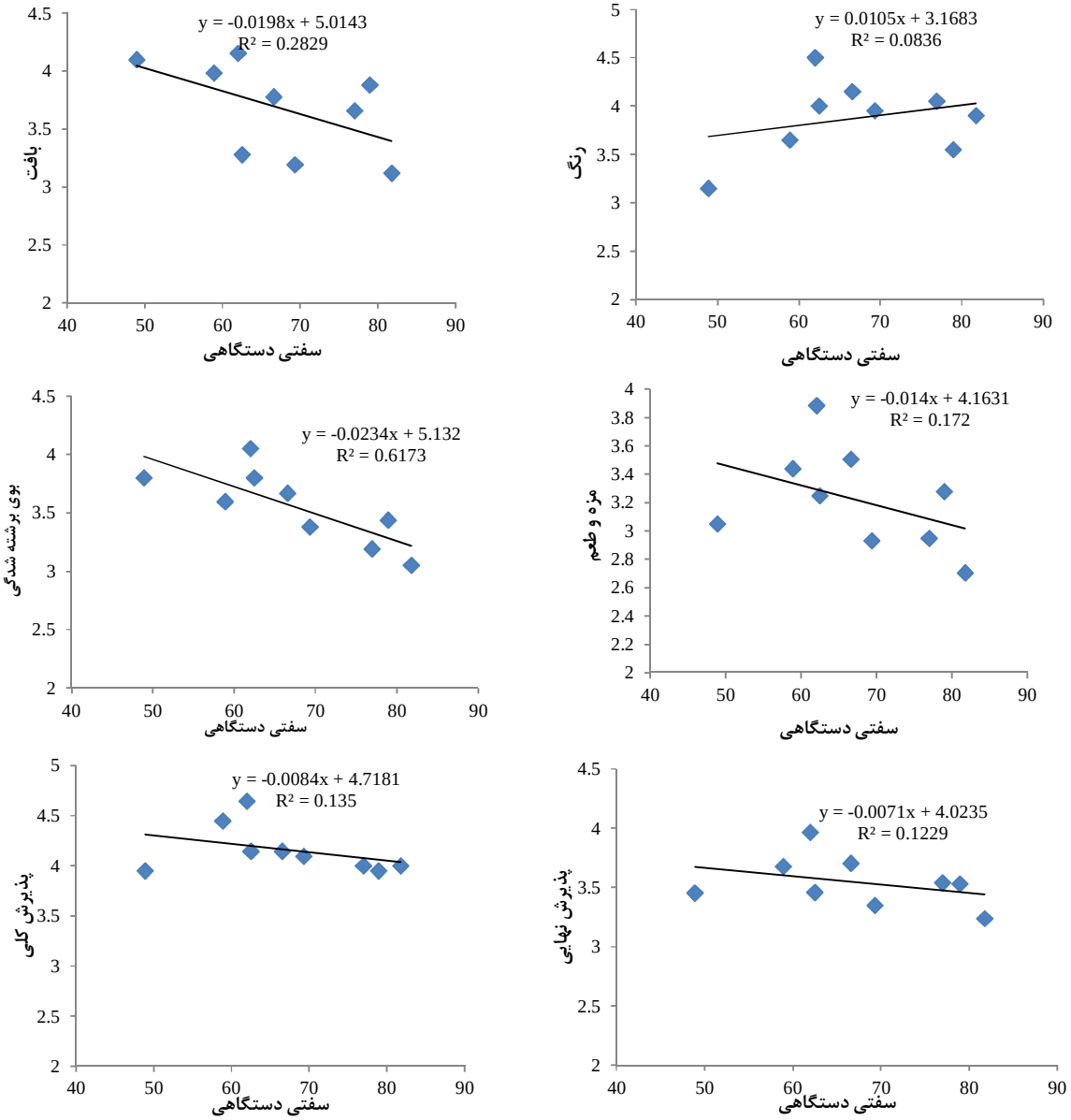
جدول 5 نشان‌دهنده درصد تغییرات و تعداد مولفه‌های PLS به‌کار رفته برای آنالیز حسی داده‌ها می‌باشد. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود بالاترین درصد تغییرات و تعداد مولفه‌هایPLS مربوط به بوی برشته شدگی با 99/24 درصد و 3 مولفه PLS می‌باشد. اگر تعداد مولفه‌های PLS مورد استفاده در رگرسیون برابر با تعداد متغیرهای به‌کار رفته در آزمایش باشد، ضریب رگرسیون PLS نشان‌دهنده ضریب رگرسیون چندمتغیره می‌باشد (Martens and Martens, 1986). در این مطالعه تعداد مولفه‌های PLS کمتر از تعداد متغیرهای تجربی بود.

ضریب اهمیت در رگرسیون PLS

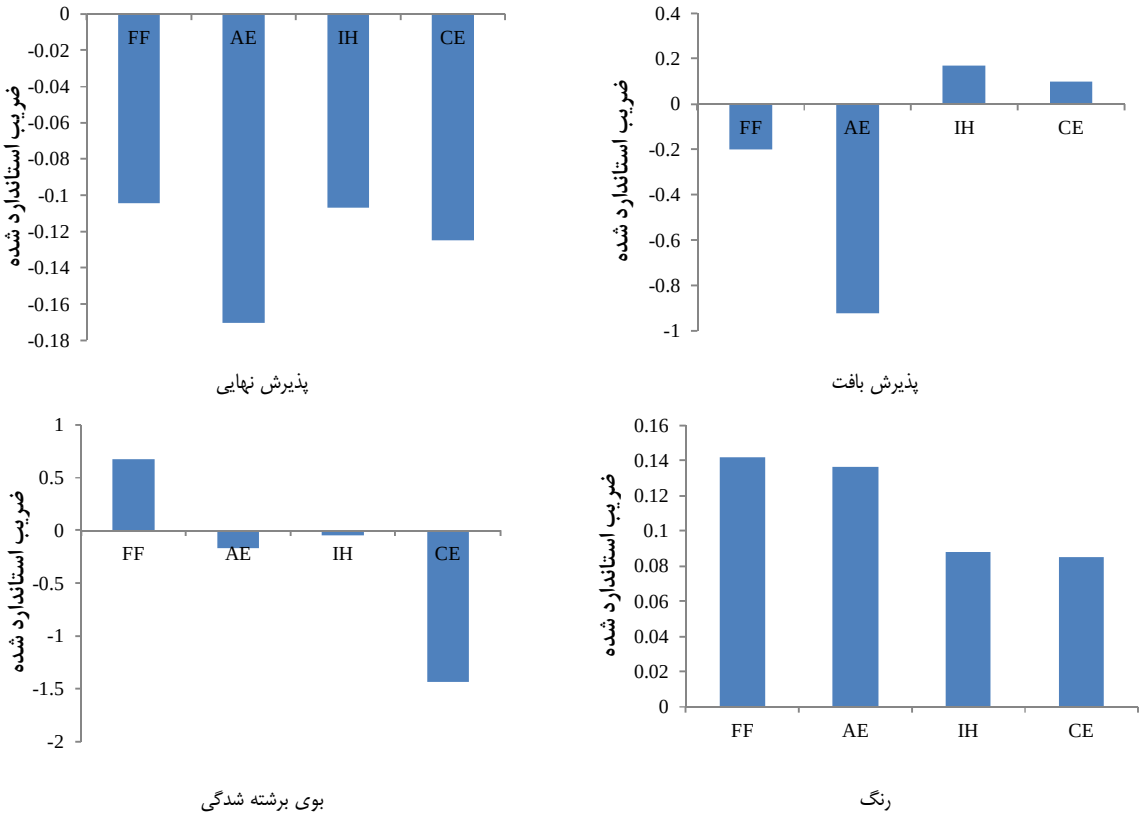
برای مشخص نمودن ضریب اهمیت و تأثیر متغیرهای وابسته مورد بررسی در این مطالعه (صفات حسی مغز برشته شده مانند رنگ، بافت، طعم و مزه، بوی برشته‌شدگی، پذیرش کلی و پذیرش نهایی) با تک تک متغیرهای مستقل (نیروی شکست، سفتی، مدول ظاهری الاستیسیته و انرژی فشاری) نمودار ضرایب استاندارد شده برای برخی از متغیرهای وابسته در رگرسیون در شکل 10 نشان داده شد. در این اشکال هرچه فاصله اثر به عدد یک نزدیکتر و یا بیشتر باشد اهمیت بالاتری پیدا می‌کنند.

جدول 5- درصد تغییرات و تعداد مولفه‌های به‌کار رفته برای آنالیز حسی داده‌ها

خصوصیات حسی	درصد تغییرات توضیح داده شده	تعداد مولفه‌های PLS
رنگ	86/93	1
بافت	97/59	2
طعم و مزه	87/15	1
بوی برشته شده‌گی	99/24	3
پذیرش کلی	87/30	1
پذیرش نهایی	86/85	1



شکل 9- نمودارهای همبستگی پیرسون بین اندازه‌گیری‌های سفتی دستگاهی با خصوصیات حسی



شکل 10- ضریب اهمیت تخمین زده شده بوسیله رگرسیون PLS بین متغیرهای مستقل با متغیرهای وابسته (بافت و پذیرش نهایی، رنگ و بوی برشته‌شدگی)

بنابراین همانطور که در شکل 10 مشاهده می‌گردد اندازه‌گیری مدول الاستیسیته ظاهری بافت مغز بادام‌زمینی برشته شده به روش دستگاهی بالاترین اهمیت را در خصوص ویژگی‌های مانند پذیرش بافت و پذیرش نهایی دارد، این در حالی است که ضرایب اهمیت نیروی شکست و نیروی فشاری به‌ترتیب برای خصوصیات همچون رنگ و بوی برشته‌شدگی از اهمیت بالاتری برخوردار است. با توجه به شکل 10 مشخص شد که مدول الاستیسیته ظاهری و سفتی برای پیشگویی بوی برشته‌شدگی مفید نمی‌باشند و از اهمیت پائین‌تری برای پیشگویی بوی برشته‌شدگی برخوردار.

نتیجه‌گیری

برشته کردن یکی از روش‌های بهبود طعم و مزه در مغزها به‌شمار می‌آید و شرایط برشته کردن نقش مهمی در بروز خصوصیات بافتی و حسی دارد. نتایج برشته کردن نشان داد که برشته کردن در دمای 160 به مدت 30 دقیقه تاثیر معنی‌داری در بهبود خصوصیات بافتی و حسی دارد و به‌کارگیری این دما و زمان منجر به افزایش میزان امتیاز پذیرش حسی گردید. نتایج آزمون PLS نشان داد که روش دستگاهی اندازه‌گیری بافت به خوبی می‌تواند صفات حسی بافت مغز بادام‌زمینی را پیش‌بینی کند در نتیجه اندازه‌گیری بافت مغز بادام‌زمینی به روش دستگاهی می‌تواند جایگزین بخشی از روش ارزیابی حسی به‌منظور ارزیابی کیفیت مغز بادام‌زمینی گردد.

منابع

Bourne, MC., 2002, Food texture and viscosity: concept and measurement. Elsevier Science and Technology Books, *New York*.

Buckholz, LL., Daun, H., Stier, E. & Trout, R., 1980, Influence of roasting time on sensory attributes of fresh roasted peanuts. *Journal of Food Science*, 45, 547–554.

Chen, T., Kang, B., Chen, S., Chen, H. & Lin, H., 2010, Optimized parameters and quality analysis of salty and crisp peanut by far infrared roasting. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 26(8), 320–325.

Dogan, DA. & Cronin, K., 2004. The thermal kinetics of texture change and the analysis of texture variability for raw and roasted hazelnuts. *International Journal Food Science Technology*, 39, 371–383.

Gambaro, A., Fiszman, S., Gimenez, A., Varela, P. & Salvador. A., 2004, Consumer acceptability compared with sensory and instrumental measures of white pan bread: sensory shelf-life estimation by survival analysis. *Journal of Food Science*, 69(9), S401-S405.

GonzalezVinas, MA. Ballesteros, C., Martín-Alvarez, PJ. & Cabezas, L., 2007, Relationship between sensory and instrumental measurements of texture for artisanal and industrial Manchego cheeses. *Journal Sens Stud*, 22, 462–476.

Jiao, S., Zhu, D., Deng, Y. & Zhao, Y., 2015, Effects of Hot Air-assisted Radio Frequency Heating on Quality and Shelf-life of Roasted Peanuts. *Food Bioprocess Technology*, 15-1624-1637

Kahyaoglu, T. & Kaya, S., 2006. Modelling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*, 75(2):167–177.

Kita, A. & Figiel, A., 2006, the effect of roasting on the texture of walnuts. Acta Agrophysica. 7(1), 87–97.

Lee, CM. & Resurreccion, AVA. 2006, Predicting sensory attribute intensities and consumer acceptance of stored roasted peanuts using instrumental measurements. *Journal Food Quality* 29(4):319–338.

Martens, M. & Martens, H., 1986, Partial least squares regression. In: Piggott JR (Ed) Statistical procedures in food research. Elsevier *Applied Science*, London.

Mayer, KP, 1985. Infrared roasting of nuts, particularly hazelnuts. Confectionary Production, 51, 313–314.

McDaniel, KA. White, BL., Dean, LL. Sanders, TH. & Davis, JP, 2012, Compositional and mechanical properties of peanuts roasted to equivalent colors using different time/temperature combinations. *Journal of Food Science*, 15, 458-465.

Mohammadi Moghaddam, T., Razavi, S M.A., Taghizadeh, M. & Sazgarnia, A., 2015, Sensory and instrumental texture assessment of roasted pistachio nut/kernel by partial least square (PLS) regression analysis: effect of roasting conditions. *Journal of Food Science Technolgy*.

Moss, JR. & Otten, L., 1989, A relationship between color development and moisture content during roasting of peanuts. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 22, 34–39.

Nikzadeh, V. & Sedaghat, N., 2008, Physical and sensory changes in pistachio nuts as affected by roasting temperature and storage. *Am Eurasian Journal of Agricalgeral Environ Science*, 4, 478–483.

Ozdemir, M. & Devres, O.Y., 2000, Analysis of color development during roasting of hazelnuts using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 45, 17–24.

Raei, M., Mortazavi, A. & Pourazarang, H., 2009, Effects of packaging materials, modified atmospheric conditions and storage temperature on physicochemical properties of roasted pistachio nut. *Food Anal Methods*, 3, 129–132.

Razavi, SMA. & Edalatian, MR., 2012, Effect of moisture content and compression axis on physical and mechanical properties of pistachio kernel. *International Journal Food Prop* 15,507–517.

Saklar, S., Ungan, S. & Katnas, S., 1999, Instrumental crispness and crunchiness of roasted hazelnuts and correlations with sensory assessment. *Journal of Food Science*, 64, 1015–1019.

Saklar, S., Katnas, S., & Ungan, S. 2001. Determination of optimum hazelnut roasting conditions. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 271-281.

Shakerardekani, A., Karim, R., Mohd Ghazali, H. & Chin, N.L., 2011, Effect of roasting conditions on hardness, moisture content and colour of pistachio kernels. *Food Research International*, 18, 723–729.

Shieh, CJ. Chang, CY. & Chen, CS., 2004, improving the texture of fried food. In: Kilcast D (Ed) Texture in food, vol. 2, solid foods. CRC Press, *New York*, Chapter 21.

Tenenhaus, M., Pages, J., Ambroisine, L. & Guinot, C., 2005, PLS methodology to study relationships between hedonic judgments and product characteristics. *Food Quality and Preference* , 16, 315-325.

Varela, P., Salvador, A, & Fisman, S., 2008. On the assessment of fracture in brittle foods: the case of roasted almonds. *Food Research International*, 41(5), 544–551.

Vincent, JFV. 2004, Application of fracture mechanics to the texture of food. Engineering Fail Anal, 11, 695–704.

Vollmannn, J. & Rajcan, I., 2010, *Oil Crops*, Springer London.

Wanlapa, A. & Jindal, VK. 2006, Instrumental and sensory evaluation of textural changes during roasting of cashew kernels. *Journal Texture Stud*, 37(3), 263–275

Yang, M., Zhou, Q., Liu, C., Zheng, C. & Huang, F., 2011, Changes on quality and volatile flavour compositions of salty peanut by microwave baking during storage. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 33(6), 609–615.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 4, Oct- Nov 2017, p. 540-552

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 13، شماره 4، مهر - آبان 1396، ص. 552-540

The application of PLS regression to study the relationships between Sensory and texture characteristics

H. Bagheri[1], M. Kashaninejad[*2], M. Alami[3], A. M. Ziaiifar[4]

Received: 2016.05.08
Accepted: 2016.09.10

Introduction: Roasting is one of the processing steps involved in the nut industry to improve the flavor, color, texture and overall acceptability of the product. Ppeanut is a fruit or pod of the order Leguminosae and contains 47–50% oil, 25–30% protein and is an essential source of minerals and vitamins; thus it makes a substantial contribution to human nutrition. Peanuts are readily acceptable as a cheap protein source and popular snack item that can be eaten alone or combined with other foods. Recently, peanuts have gained much attention as functional food and roasted peanuts is one of the most popular snack foods, in which roasting is a key step in the process and directly impacts the quality (crispness, taste, and flavor) and shelf-life of the final product. Understanding of the roasting process is of interest because roasting is a critical processing step not only for peanuts, but many other food products such as coffee, cocoa, grains and other tree nuts. Roasting is a process to develop color, flavor and textural characteristics of product through chemical reactions, therefore proper roasting is critical to flavor and texture development as well as nutritional content of the final product.

Materials and methods: In this study, dried Goli peanuts were supplied from a local market in Minodasht, Iran in 2015 and stored at 4°C until processing. The average moisture content of peanut kernels was measured as 5.1 % (d.b.). Kernels were sorted manually to get the uniform sizes for roasting. 100 g peanut kernels were soaked in 500 ml of 25% salt solution for 30 min. After soaking, the salt solution was drained using a strainer and the excess water was removed by a cloth filter. After soaking, the moisture content of soaked peanut kernels increased to 8.27 % (d.b.). For roasting, three temperatures (140, 160 and 180°C) and three times (10, 20 and 30 min) and constant air velocity (1 m/s) were applied. Roasting was performed in a hot air roaster equipped with a controller to adjust the roasting temperature. After roasting, the whole kernels were allowed to cool at room temperature (23 ± 2°C). Roasting process was performed in 3 replications. Instrumental texture measurements (Uniaxial compression test) were carried out at room temperature using a TA-XT Plus Texture Analyzer using cylinder probe (diameter 25 mm) on peanut halves. The textural parameters of peanut halves were expressed as fracture force (initial peak or first fracture force (N)), hardness (highest peak compression force (N)), initial tangent modulus or apparent modulus of elasticity that shows sample rigidity in the linear part of the force-deformation curve (N/m) and compressive energy or area under the curve for the compression that is the work (N×m) required to attain deformation, indicative of internal strength of bonds within product. Sensory attributes including colour, texture, flavor, odour, total acceptance and final acceptance were assessed according to a five-grade hedonic scale (5 points – the best, 1 point – the worst). A completely randomized factorial design was used to evaluate the results and analysis of variance (ANOVA) was carried out to compare the mean values. All significant differences were reported at $P \leq 0.05$ levels. Minitab statistical software (Minitab Release 16, Minitab Inc., USA) was used for all statistical analyses in the present research. However, MSTATC (Version 2.10, Michigan State University) was used to determine significant differences.

Results & discussion: Roasting is one of the most important steps in peanuts processing that leads to the development of the desired aroma, taste, texture and color of the final product. The results showed that increasing the roasting temperature and time decreased the fracture force (75.19–45.92 N), instrumental hardness (81.74–48.90 N), apparent modulus of elasticity (7.508-5.446 N/s), compressive energy (469.0–199.1 N.s) and improved the sensory characteristics of peanut kernels. During roasting process, moisture content of peanut kernels decreased and they became more crumble and fragile which causes to break easier and moisture reduction helps to create a desirable crisp texture. The results of the consumer test showed that the roasted peanut kernels have good acceptability for color (4.50), texture (4.15), flavor (3.89), odor (4.05), total acceptance and final acceptance (3.97) on roasting temperature and time (160°C and 30 min). The results obtained for VIP

1, 2, 3 and 4. Ph.D. Student, Professor, Associate Professor and Assistant Professor, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan,
(Corresponding author's Email: kashani@gau.ac.ir)

coefficients (standard coefficients) in PLS regression for fracture force, instrumental hardness; apparent modulus of elasticity and compressive energy variables indicated that apparent modulus of elasticity could be able to predict the individual sensory attribute of peanut kernels except color. PLS results showed that apparent modulus of elasticity could successfully predict quality sensory characteristics of peanut kernels. Thus, instrumental apparent modulus of elasticity could be replaced with sensory analysis for evaluation the quality of peanut kernels.

Keywords: Roasting, Sensory evaluation, PLS regression, Peanut kernels