مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۱ شماره ۱/ سال ۱۴۰۰/ صفحات ۹۵ تا ۱۱۴

DOI: 10.22034/fr.2021.35906.1698

بررسی کیفیت و ماندگاری کلوچه فومن غنی شده با سبوس برنج با استفاده از روش‌های چندمتغیره متقارن و نامتقارن

طاهره محروسی[1] و امیر پورفرزاد[2]*

تاریخ دریافت: ۹۸/۷/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۳

[1] دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

[2] استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

*مسئول مکاتبه: Email: amir.pourfarzad@gmail.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: تا کنون بر روی ماندگاری و کیفیت کلوچه مطالعات اندکی صورت گرفته. **هدف**: هدف از این تحقیق تولید یک محصول فراسودمند غنی‌شده با یکی از ضایعات کشاورزی دارای ارزش تغذیه‌ای فراوان است. **روش کار**: دراین پژوهش، کاربرد سبوس برنج در سطوح صفر، ۱۰٪ و ۲۰٪ در تولید کلوچه فومن مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین، از روش‌های چندمتغیره متقارن (تعیین ضرایب همبستگی و آنالیز شاخص‌های اصلی) و نامتقارن (کاملا تصادفی و رگرسیون حداقل مربعات جزئی) به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی، ماندگاری، شاخص‌های رنگی و ویژگی‌های حسی استفاده گردید. **نتایج**: اختلاف معنی‌داری بین امتیاز رنگ، بافت و پذیرش کلی نمونه‌های شاهد و حاوی ۱۰٪ سبوس مشاهده نشد. اما امتیاز آن‌ها با افزایش مقدار سبوس تا سطح ۲۰ درصد، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با افزایش مقدار سبوس برنج، میزان رطوبت و خاکستر موجود در نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین با افزودن سبوس برنج، پارامترهای L مغز، L پوسته، b پوسته، تخلخل و اندازه حفرات مغز کلوچه فومن به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. افزودن سبوس برنج، منجر به افزایش سفتی نمونه‌ها در روز اول گردید. اما اختلاف معنی‌داری بین سفتی نمونه‌های شاهد و ۱۰٪ سبوس در طول زمان نگهداری وجود نداشت. **نتیجه‌گیری نهایی**: بهترین خواص فیزیکی‌شیمیایی، حسی و ماندگاری کلوچه فومن در سطح غنی‌سازی ۱۰٪ حاصل گردید. مدل‌های رگرسیونی حداقل مربعات جزئی به‌دست آمده، دارای ضریب تبیین بسیار بالایی بودند که نشان‌دهنده کارایی بالای این معادلات در پیشگویی ویژگی‌های حسی نمونه‌های کلوچه فومن با استفاده از پارامترهای رنگ‌سنجی می‌باشد.

واژگان کلیدی: سبوس برنج، کلوچه فومن، کیفیت، ماندگاری

مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین غلات مصرفی در دنیا و بخصوص در آسیا می‌باشد. از این رو، مقدار سبوس آن دارای اهمیت بسیار زیادی است. برنج نیز مانند گندم قبل از مصرف آسیاب می‌شود، اما برخلاف گندم که هدف از آسیاب، آرد کردن آن است در برنج، هدف جدا کردن سبوس از آن می‌باشد. سبوس، لایه قهوه‌ای رنگ زیر پوسته خارجی دانه برنج است که عموماً در آسیاب‌های چندمرحله‌ای جدا می‌گردد. سبوس برنج با دارا بودن حدود ۱۳ درصد چربی به‌دلیل وجود مقدار چشمگیر

توکوفرول به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی و نیز به دلیل مقدار کم اسید لینولنیک به‌عنوان یک منبع روغن سرخ-کردنی تبدیل شده است. اما مهم‌ترین عامل محدود کننده در استخراج آن ناپایداری شدید به‌دلیل وجود آنزیم لیپاز است که قبل از استخراج توسط روش‌های شیمیایی و حرارتی غیرفعال می‌گردد. سبوس برنج همچنین قادر است نیاز بدن را به سایر ریزمغذی‌ها نظیرآمینواسیدها و ویتامین‌ها تا حدود زیادی مرتفع نماید. با این همه، توجه به سبوس برنج بیشتر معطوف به اثر شگفت آن در کاهش کلسترول است که برخی آن را ناشی از فیبرهای محلول آن و برخی از تداخل لیپیدی آن با سنتز کلسترول می‌دانند (شاکری و همکاران ۱۳۹۲). همچنین لازم به‌ذکر است که سبوس برنج، منبعی غنی از فیبر است و با افزایش جذب آب بـه‌عنـوان یک عامل نگهدارنده رطوبت عمل می‌کند و نه تنها نرمی بافت محصولات صنایع پخت به‌ویژه نان را افزایش می‌دهد، بلکه به افزایش ماندگاری آن‌ها نیز کمک می‌کند (**باقری ۲۰۱۱**). استفاده از سبوس در تولیدات غذایی یا دامی با قابلیت نگهداری بالا و ارزش صنعتی، مستلزم حذف یا جداسازی عوامل فساد و آلوده کننده است. غیرفعال کردن آنزیم‌ها باید کامل و تا حد امکان غیر قابل برگشت باشد. پوسته خارجی و سبوس، محصولات جانبی اصلی کارخانجات برنج‌کوبی هستند. درصد پروتئین سبوس، بیشتر از برنج سفید بوده و منبع مناسبی از ویتامین نیاسین می‌باشد. به دلیل ارزش غذایی بالا، استفاده از سبوس برنج در تولید محصولات غذایی بسیار مطلوب است. این کار باعث افزایش درصد پروتئین و ویتامین‌های گروه B می‌شود که در رشد و نمو انسان مؤثر است (نورایزن و همکاران ۲۰۱۳).

تغییر شیوه زندگی و گرایش روزافزون مردم به سمت غذاهای فرآوری شده و همچنین عدم رعایت تنوع در استفاده از گروه‌های مختلف مواد غذایی، نگرانی‌ها در مورد بروز بیماری‌های ناشی از کمبود ویتامین‌ها و مواد معدنی را افزایش می‌دهد. درصد چشم‌گیری از مردم جهان از کمبود ویتامین‌ها و مواد معدنی که معمولا ریزمغذی‌ها نامیده می‌شوند رنج می‌برند. کمبود ریزمغذی‌های ضروری باعث ناتوانی در یادگیری، عقب-ماندگی ذهنی، بازده پایین کاری، نابینایی و مرگ زودرس می‌گردد. ویتامین A، آهن و ید، سه ریزمغذی مهم هستند. امروزه با توجه به اهمیت سلامت و کیفیت مواد غذایی و رفع نیازهای بدن، مصرف موادغذایی مناسب و سالم، در جوامع انسانی رو به افزایش است. غنی‌سازی مواد غذایی با انواع مواد مغذی مثل آهن، روی و کلسیم و ویتامین-های گروه ب، به‌عنوان ارزان‌ترین و موثرترین راه برای کاهش شیوع کمبود ریزمغذی‌ها در جامعه مطرح است و در بلندمدت، می‌تواند به صورت پایدار موجب بهبود وضعیت ریزمغذی‌ها و کاهش شیوع آن‌ها در جمعیت یک منطقه شود. با مصرف روزانه محصولات غذایی غنی-شده، بخشی از نیاز بدن تامین می‌شود (واحدی و رادی ۱۳۹۵). از راهکارهای مناسب جهت غنی‌سازی طبیعی و بهبود ویژگی‌های کیفی محصولات غذایی، استفاده از منابع مختلف فیبری جایگزین، مثل سبوس برنج می‌باشد (میلانی و همکاران ۱۳۸۸). از سوی دیگر، اگر بتوان بخشی از آرد گندم را با آرد سـایر منـابع گیاهی نظیر برخـی از ضـایعات ارزان قیمت و فراسودمند بخش کشـاورزی عملگرا نظیـر سـبوس بـرنج جـایگزین نمـود، علاوه بر فاکتورهای تغذیـه‌ای و عملکـردی و بهبـود خصوصـیات تکنولوژیکی محصول نهایی، می‌توان واردات گندم را نیز تا حدی کم نمود و وابستگی کشور را به این محصول کاهش داد (پورفرزاد ۲۰۱۰).

هر شهری سوغات خاصی دارد. سوغاتی‌ها گاهی صنایع‌دستی و گاهی نیز خوراکی هستند. گاهی سهم خوراکی‌هایی که سوغات محسوب می‌شوند فراتر از سوغات است و نماینده و یادآور آن شهر تلقی می‌شوند، به این معنی که آن محصول تداعی‌کنندهٔ شهر خاصی است. شهرستان فومن، علاوه بر سوغات‌های مختلفی که دارد و اغلب خوراکی هستند ،سوغاتی خاصی دارد که در هر جای ایران یافت شود ،با نام این شهرستان معرفی می‌شود، .کلوچهٔ فومن. این کلوچه تاریخچهٔ خاصی دارد و از حدود صد سال پیش ،یکی از اهالی فومن آن را به این شهر وارد کرده است (ودادهیر و همکاران ۱۳۹۵).

با توجه به ارزش غذایی سبوس برنج، هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر سبوس برنج بر کیفیت و ماندگاری کلوچه فومن می‌باشد. هدف از این تحقیق تولید یک

محصول فراسودمند غنی‌سازی شده با یکی از ضایعات کشاورزی دارای ارزش تغذیه‌ای فراوان، افزایش ارزش افزوده ضایعات صنایع کشاورزی و اشتغال‌زایی در این حوزه و حرکت در جهت ارتقای سلامت عمومی جامعه است.

از آن‌جا که مطالعات بسیار اندکی روی کیفیت و ماندگاری کلوچه فومن صورت گرفته است، لذا هدف از انجام این پژوهش، بررسی تاثیر سبوس برنج بر روی خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی، حسی، ماندگاری و پارامترهای به‌دست آمده از پردازش تصویر کلوچه فومن بود. در گام بعدی، ارتباط بین ویژگی‌های مختلف کلوچه فومن با استفاده از روش‌های چندمتغیره متقارن شامل تعیین ضرایب همبستگی و آنالیز شاخص‌های اصلی[1] و نامتقارن شامل رگرسیون حداقل مربعات جزئی[2] مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آرد مصرفی برای تولید کلوچه، مخلوطی از آرد ستاره ۱۸٪ و ۱۵٪ کارخانه گیلان خوشه (رشت، گیلان) به نسبت مساوی بود. سبوس مصرفی، به صورت سبوس برنج ایزوله از شرکت گیلتاز تهیه شد. در فرآیند ایزوله کردن، میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌های عامل ناپایداری و فساد، حذف شده اند. ارزش غذایی سبوس در جدول ۱ آمده است. برای تهیه خمیر کلوچه فومن، ابتدا آرد، سبوس برنج (صفر، ۱۰٪ و ۲۰٪)، جوش شیرین و بیکینگ پودر مخلوط شدند. سپس روغن و آب بتدریج اضافه شدند تا خمیر تشکیل شود و به دست نچسبد. خمیر را به مدت ۲۰ دقیقه در یک ظرف در بسته قرار دادیم تا استراحت کند. در ادامه چانه‌هایی را از آن برداشته و با وردنه صاف کردیم و مواد مغزی کلوچه که مخلوط شکر، گردو، دارچین و مغز هل هستند، روی آن ریخته و با دست مخلوط کرده و آن را به شکل گرد و تخت درآوردیم. بعد از ۵ دقیقه مُهر مخصوص این کلوچه را به آرد آغشته کرده و روی کلوچه ها زدیم. سپس روی کلوچه‌ها رومال حاوی مقداری تخم مرغ زده شده و زعفران آغشته شد. در انتها فرآیند پخت، در فر با دمای ۲۶۰ درجه سانتیگراد به مدت نیم ساعت انجام گردید. نمونه‌ها در نانوایی دانشگاه گیلان پخته و جهت انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل شدند. مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایشات از محصولات شرکت مرک[3] آلمان بود. برای اندازه‌گیری رطوبت، خاکستر، چربی، فیبر، پروتئین و اسید فیتیک نمونه‌های کلوچه از روش‌های *AACC* ۲۰۰۰ استفاده شد. برای ارزیابی رنگ پوسته نمونه‌ها، تصویر نمونه‌ها با اسکنر[4] اسکن و با فرمت *JPEG* ذخیره شدند. تصویرگیری با نرم‌افزار کانن[5] (نسخه ۴/۹) و رزولوشن *dpi* ۱۸۰ انجام شد. سپس توسط نرم‌افزار ایمیج جی (نسخه ۱/۴جی)، قطعات ۵۰۰ در ۵۰۰ پیکسلی از مرکز کلوچه بریده شده و از فضای رنگی *RGB* به *Lab* تبدیل شد.

این فضای رنگی از سه مولفه L^*، a^* و b^* تشکیل شده است (شکل۱). L^* معادل روشنایی تصویر است که بین معادل مشکی و ۱۰۰ معادل انعکاس کامل نور است. مقادیر مولفه a^* نامحدود است؛ مقادیر مثبت آن معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است. مقادیر مولفه b^* نامحدود است؛ مقادیر مثبت آنم عادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است (پورفرزاد و همکاران۲۰۱۴).

برای ارزیابی رنگ مغز، ابتدا قطعات ۳ در ۳ سانتیمتری از مرکز نمونه‌ها بریده شده و پس از جدا کردن پوسته و اسکن آن، فاکتورهای L^*، a^* و b^* محاسبه گردید (شکل۲).

برای بررسی سایر خصوصیات مغز محصول، فرآیند آستانه‌سازی در سطح ۲۰۰ و در حالت سیاه و سفید اعمال و زمینه حذف شد. پس از آنالیز اجزا، پارامترهای اندازه حفرات (نسبت سطح کل حفرات به تعداد حفرات) و تخلخل (نسبت سطح کل حفرات به سطح کل تصویر) به‌دست آمد (پورفرزاد و همکاران ۲۰۰۹).

---

[1] - Principal Components Analysis (PCA)

[2] - Partial Least Squares Regression Analysis (PLSR)

[3] -Merck

[4]- HP Scanjet G4010 Photo Scanner, Japan.

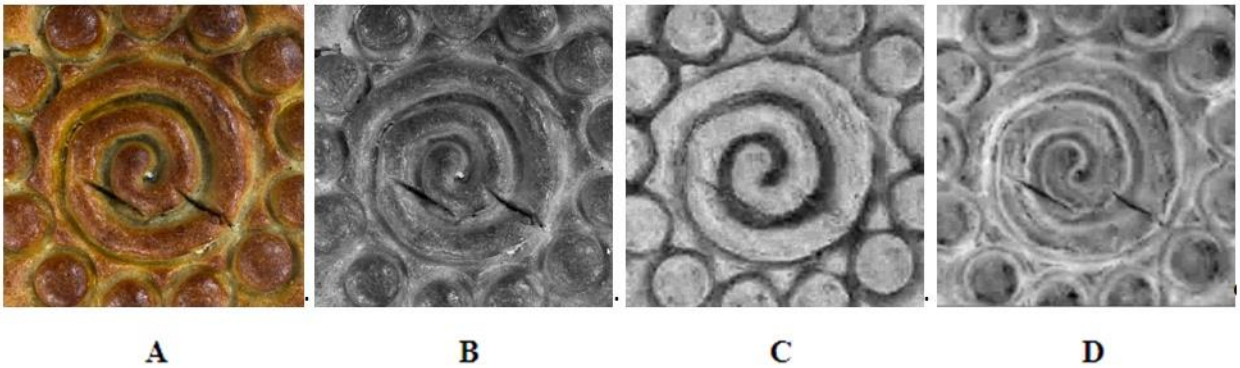
[5]- Canon MF Toolbox 4.9.

بافت نمونه‌های کلوچه فومن، توسط دستگاه بافت‌سنج *Brookfield* مدل *CT310K* و با نرم‌افزار *Texture Pro CT* ارزیابی شد. یک پروب استوانه‌ای آلومینیومی به ضخامت ۲۵ میلی‌متر برای آنالیز برش عمودی استفاده شد. جهت انجام آزمون فشرده‌سازی دوگانه (*TPA*)، نفوذ پروب به ۵۰٪ عمق با سرعت دو میلی‌متر در ثانیه با تاخیر ۳۰ ثانیه‌ای بین اولین و دومین فشار انجام شد. نمودار توسط گرافیک *TPA* رسم و برای سنجش تراکم، استحکام، خاصیت چسبندگی، کشسانی و ارتجاعیت مورد محاسبه قرار گرفت. این کار در روزهای اول، سوم و هفتم پس از تولید انجام شد (گومز و همکاران ۲۰۰۸).

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی سبوس برنج مورد استفاده

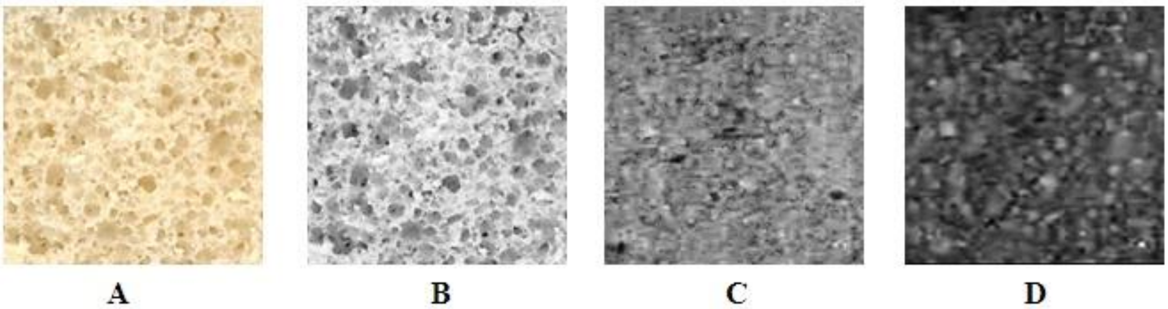
Table 1. Chemical Properties of Used Rice Bran

Chemical Properties	Amount (%)
Moisture	8.7±0.12
Protein	14.6±0.23
Fat	15.4±0.43
Ash	1.2±0.09
Fiber	9.4±0.22
Phytic acid	35.22±0.12



شکل ۱–نمونه تصویر تبدیل شده از پوسته؛ A: عکس اولیه؛ B: مؤلفه*L؛ C: مؤلفه*a؛ D: مؤلفه*b.

Figure 1- The sample of transformed image from the crust; A: Original image; B: L* component; C: a* component; D: b* component.



شکل ۲–نمونه تصویر تبدیل شده از مغز محصول برای ارزیابی رنگ؛ A: عکس اولیه؛ B: مؤلفه *L؛ C: مؤلفه*a؛ D: مؤلفه*b.

Figure 2 - The sample of transformed image from the product's crumb for color evaluation; A: Original image; B: L* component; C: a* component; D: b* component.

خصوصیات حسی نمونه‌های کلوچه به روش رجب‌زاده (۱۹۹۱) و بـا در نظـر گـرفتن عدد ۱ به‌عنوان بسیار بد و عدد ۵ به‌عنوان بسیار خوب امتیاز تعیـین شد. رنگ (سوختگی، دو پوسته شدن، غیرطبیعی بودن رنگ، چین و چروک و سطح غیرعادی)، سفتی و نرمی بافت (خمیری بودن یا نرمی زیاد بافت، سفت بودن، تردی و

شکنندگی، ریزش بافت هنگام برش)، بو، طعم و مزه (طعم تند و زننده، طعم شور و قلیایی، بوی خامی یا ترشیدگی یا عطر طبیعی) و در نهایت پذیرش کلی مورد بررسی قرار گرفتند.

آنالیز داده‌ها و بررسی اثر سبوس برنج بر ویژگی‌های حسی، شیمیایی، پردازش تصویر و بافت‌سنجی کلوچه-های فومن تولیدی در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گردید. به‌منظور بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین اعداد، پس از آنالیز واریانس، از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. هر آزمایش در سه تکرار انجام شد. در تمام مراحل، مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار مینی‌تب *(Minitab 15, Minitab Inc., State College, PA, USA)* صورت گرفت. سپس آنالیز شاخص‌های اصلی و تعیین ضرایب همبستگی و نیز رگرسیون حداقل مربعات جزئی بر روی داده‌های رنگ‌سنجی و حسی نمونه‌ها، انجام گرفت. آنالیز شاخص‌های اصلی ،یک روش بهینه ریاضی برای کاهش حجم داده‌ها و تبدیل متغیرهای اولیه به چند مولفه محدود است؛ به‌طوری که این چند مولفه بیشترین پراش متغیرهای اولیه را توجیه نماید. ضریب همبستگی پیرسون که به نام‌های ضریب همبستگی گشتاوری و یا ضریب همبستگی مرتبه صفر نیز نامیده می‌شود، توسط سرکارل پیرسون معرفی شده است. این ضریب به‌منظور تعیین میزان رابطه، نوع و جهت رابطه بین دو متغیر فاصله‌ای یا نسبی و یا یک متغیر فاصله‌ای و یک متغیر نسبی به‌کار برده می‌شود. روش حداقل مربعات جزئی می‌تواند تاثیرات متغیرهای مستقل را بر متغیر وابسته به‌صورت یک مدل رگرسیونی یا مدل ساختاری برازش کند. این روش زمانی استفاده می‌شود که می‌خواهیم تاثیرات چندین متغیر مستقل را بر یک یا چند متغیر وابسته بررسی کنیم اما پیش‌فرض‌های انجام رگرسیون یا معادلات ساختاری برقرار نیست.

نتایج و بحث

اثرات سطوح مختلف سبوس برنج بر خصوصیات حسی کلوچه فومن در جدول ۲ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که سبوس برنج بر روی بو و مزه و طعم کلوچه فومن تأثیر معنی‌داری نداشت($p>۰/۰۵$). همچنین رنگ، بافت و پذیرش کلی کلوچه فومن با افزودن سبوس برنج تا سطح ده درصد تغییر معنی-داری نداشتند، اما با افزایش مقدار سبوس تا سطح ۲۰ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافتند ($p<۰/۰۵$). غفران و همکاران (۲۰۰۹) با افزودن سبوس برنج در سطوح ۲۰-۲ درصد به فرمولاسیون نان چاپاتی، نشان دادند که بافت و طعم نمونه‌ها با افزایش درصد سبوس کاهش یافت، ولی نمونه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج و ۹۰ درصد آرد گندم از پذیرش کلی بهتری نسبت به سایر نمونه‌های تولیدی برخوردار بود. تغییرات خواص فیزیکی و شیمیایی خمیر، حتی پس از افزودن سبوس۲۰٪ نیز ناچیز بود. آرد گندم و مخلوط سبوس برنج برای تهیه کلوچه‌ها و نان چاپاتی استفاده و ارزیابی حسی محصولات انجام شد. به‌طورکلی امتیازات داده شده برای ارزیابی حسی محصول مانند بافت و طعم، با افزایش جایگزینی با سبوس برنج کاهش نشان داد. با این حال،کلوچه‌ها وچاپاتی با جایگزینی سبوس برنج قابل قبول بودند (غفران و همکاران ۲۰۰۹).

جدول ۲- تأثیر سبوس برنج بر ویژگی‌های حسی کلوچه فومن

Table 2. Effect of rice bran on the sensory properties of Fouman cookies

Treatment	Texture	Color	Taste	Odor	General acceptance
Control	5[a]	4.3[a]	4.9[a]	4.7[a]	5[a]
10 %Rice bran	4.8[a]	4.4[a]	4.8[a]	4.7[a]	4.9[a]
20 %Rice bran	3.6[b]	3.6[b]	4.8[a]	4.2[a]	4.2[b]
Standard error of mean(±)	0.42	0.59	0.38	0.49	0.44

Values in columns with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Mishra و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیق مشابهی از ضایعات سبوس برنج چربی‌زدایی شده در فرمولاسیون کلوچه غنی‌شده استفاده و اثر آن بر مشخصات فیزیکی‌شیمیایی کلوچه‌ها را بیان کردند. با افزایش سبوس برنج، رنگ سطح محصول از قهوه‌ای روشن به قهوه‌ای تیره تغییر کرد. رنگ قهوه‌ای در محصولات می‌تواند مربوط به واکنش‌های کاراملی شدن، دکسترینه شدن نشاسته و نیز واکنش غیرآنزیمی (واکنش مایلارد) بین مولکول‌های قند و اسیدهای آمینه باشد. از نظر طعم، نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج، بهترین پذیرش را داشتند درحالی که افزایش سبوس برنج تا ۲۰٪ باعث بروز طعم تلخ شد. در پژوهشی مشابه توسط شارما و چاوهان (۲۰۰۲) گزارش شد که با افزایش سبوس برنج، عطر کلوچه کاهش و طعم آن افزایش یافت.

جدول ۳- تأثیر سبوس برنج بر ویژگی‌های شیمیایی کلوچه فومن

Table 3. Effect of rice bran on the chemical properties of Fouman cookies

Treatment	Moisture(%)	Protein (%)	Ash(%)	Fat(%)
Control	15.67[c]	10.99[b]	0.72[c]	10.37[b]
10 %Rice bran	17.05[b]	13.69[b]	1.17[b]	14.4[b]
20 %Rice bran	20.39[a]	18.8[a]	1.46[a]	21.28[a]
Standard error of mean(±)	0.14	0.83	0.008	1.39

Values in columns with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، پروتئین و چربی کلوچه فومن با افزودن سبوس برنج تا سطح ده درصد تغییر معنی‌داری نداشتند اما با افزایش مقدار سبوس تا سطح بیست درصد به طور معنی‌داری افزایش یافتند (p<۰/۰۵). همچنین قابل مشاهده است که با افزودن سبوس برنج تا سطح ده درصد میزان رطوبت و خاکستر موجود در کلوچه فومن به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند و این افزایش با بالارفتن سطح سبوس برنج بیشتر هم شده است (p<۰/۰۵). لذا می‌توان نتیجه گرفت که افزودن سبوس برنج تا سطح بیست درصد به کلوچه فومن تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های شیمیایی کلوچه فومن دارد.

شریف و همکاران (۲۰۰۹) با افزودن سبوس برنج در سطوح ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد به فرمولاسیون کلوچه گزارش نمودند که افزایش میزان سبوس منجر به افزایش میزان فیبر و مواد معدنی موجود در محصول نهایی گردید. یوناس و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که رطوبت، پروتئین، چربی و مواد معدنی نمونه‌های کلوچه با افزایش میزان سبوس موجود در فرمولاسیون به طور معنی‌داری افزایش یافت.

میشرا (۲۰۱۷) به بررسی استفاده از ضایعات سبوس برنج چربی‌زدایی شده در فرمولاسیون کلوچه غنی شده و اثر آن روی مشخصات فیزیکی‌شیمیایی کلوچه‌ها پرداخت. نتایج تجزیه شیمیایی کلوچه‌ها نشان داد که کلوچه‌های غنی شده ارزش غذایی بالاتری نسبت به کلوچه‌های سنتی دارند. میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی و فیبر کلوچه‌ها با افزودن سبوس برنج به‌ترتیب از ۳/۱۴٪ به ۷/۲۸٪، ۰/۶۹٪ به ۲/۵۵٪، ۱۱/۲۳٪ به ۱۳/۸۴٪، ۱۴/۲۷٪ تا ۱۷/۰۳٪، ۰/۱۶٪ تا ۹/۵٪ افزایش یافت در حالی که محتوای کربوهیدرات و انرژی از ۷۰/۶۱٪ به ۱۶/۴۹٪ و از ۳۹/۴۵۵ کیلوکالری به ۸۹/۳۹۷ کاهش می‌یابد.

نتایج حاصل از جدول ۳ منطبق با نتایج پژوهش فارل (۱۹۹۴) بود که بیان نمود سبوس منبع خوبی از پروتئین‌ها، چربی‌ها، فیبرهای غذایی و مواد معدنی است و می‌تواند عامل موثری در تکمیل غذاهایی که کمبود لیزین و متیونین دارند مانند گندم و ذرت باشد و برای سوءتغذیه مناسب است. پروتئین موجود در رژیم غذایی عمدتاً به ساخت و نگهداری سلول‌های بدن کمک می‌کند، درحالی‌که چربی، اسیدهای چرب ضروری را تامین می‌کند و فیبر خام نقش مهمی در پیشگیری از بیماری‌های مختلف دستگاه گوارش دارد. گزارش شده است که مصرف فیبرها بیبشتر موجب کاهش کلسترول خون می‌شود. در پژوهشی مشابه، چربی، فیبر و خاکستر قرص‌های نان با افزایش درصد سبوس برنج تا سطح ۲۰٪ افزایش یافت (آمه و همکاران ۲۰۱۳).

جدول ۴- تأثیر سبوس برنج برویژگی‌های پردازش تصویر کلوچه فومن

Table 4: Effect of rice bran on the characteristics of image processing of Fouman cookies

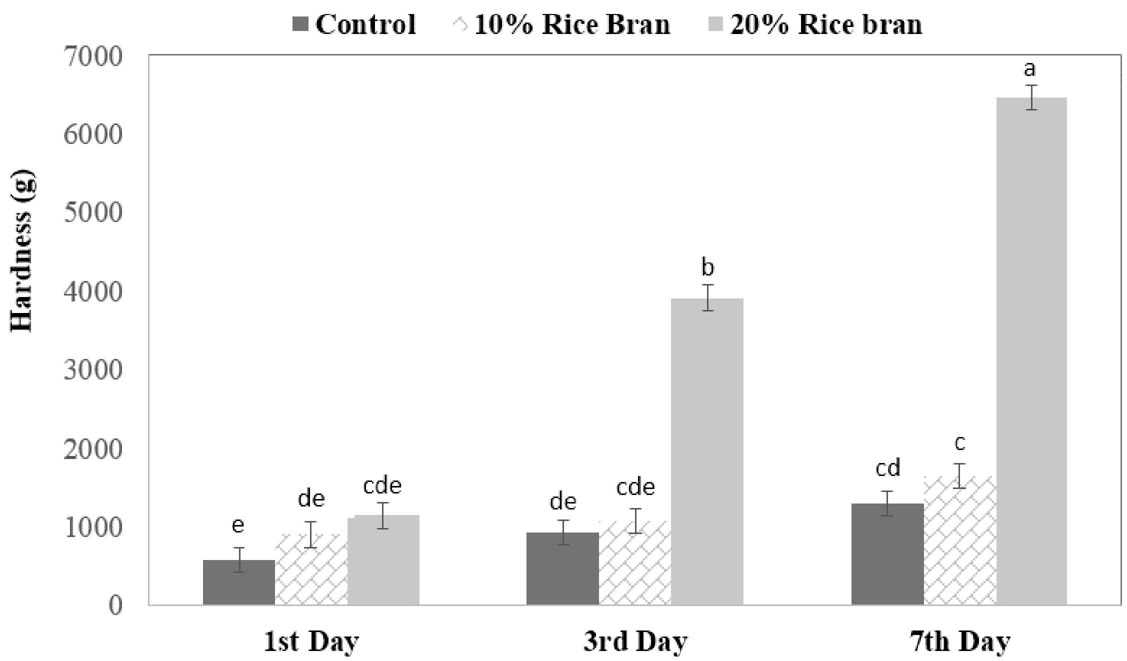
Treatment.	L crumb	a crumb	b crumb	L crust	a crust	b crust	Average size (mm)	Porosity
Control	80.53[a]	1.05[a]	40.36[a]	40.89[a]	19.64[a]	44.48[a]	16.85[a]	9.9[a]
10 %Rice bran	75.79[b]	1.32[a]	32.46[a]	37.5[b]	13.5[a]	34.51[ab]	6.99[b]	4.75[b]
20 %Rice bran	67.2[c]	4.04[a]	35.44[a]	36.13[c]	12.17[a]	31.71[b]	7.59[b]	0.6[c]
Standard error of mean(±)	0.72	1.86	4.16	0.06	1.76	1.75	0.86	0.50

Values in columns with different letters are significantly different ($p\leq 0.05$).

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌کنید سبوس برنج بر روی ویژگی a مغز، b مغز و a پوسته کلوچه فومن تأثیر معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵) .با افزودن ده درصد سبوس برنج نسبت به وزن آرد، L مغز، L پوسته، b پوسته و تخلخل کلوچه فومن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و با رساندن آن به ۲۰ درصد به کمترین مقدار خود رسید (p<۰/۰۵). اندازه حفرات کلوچه فومن نیز با افزودن سبوس برنج تا سطح ده درصد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (p<۰/۰۵) و اختلاف آماری معنی‌داری با کلوچه فومن حاوی ۲۰ درصد سبوس برنج نداشت. مولفه L معادل روشنایی تصویر است و کاهش مقدار آن، نشان دهنده افزایش تیرگی رنگ می‌باشد. افزایش سبوس برنج در فرمولاسیون کلوچه فومن منجر به افزایش تیرگی رنگ پوسته و مغز و در نتیجه کاهش مولفه L شد. کاهش مولفه b^* در پوسته محصول، نشان دهنده کاهش میزان رنگ زرد است که با افزایش میزان سبوس برنج، مشاهده شد. ماهیت فیبری سبوس برنج و تیرگی نسبی رنگ آن نسبت به آرد گندم احتمالا منجر به کاهش مولفه‌های L و b شده است (پورفرزاد و همکاران، ۲۰۱۳). محتوای فیبری بالای سبوس برنج از طریق کاهش غلظت گلوتن موجود در محصول، موجب کاهش توانایی خمیر در حفظ گازهای ایجاد شده در

حین تولید می‌شود (فلمینگ و سوسولسکی، ۱۹۷۸). این مسئله منجر به کاهش به هم پیوستن حباب‌های گاز ایجاد شده و در نتیجه کاهش اندازه حفرات می‌شود. از طرفی کاهش تخلخل مغز کلوچه فومن در اثر افزایش سبوس برنج را می‌توان به اتصالات عرضی ساختار سبوس برنج مرتبط دانست که منجر به کاهش ایجاد و تثبیت حبابها و در نتیجه کاهش تخلخل می‌شود (پورفرزاد و همکاران ۲۰۱۳).

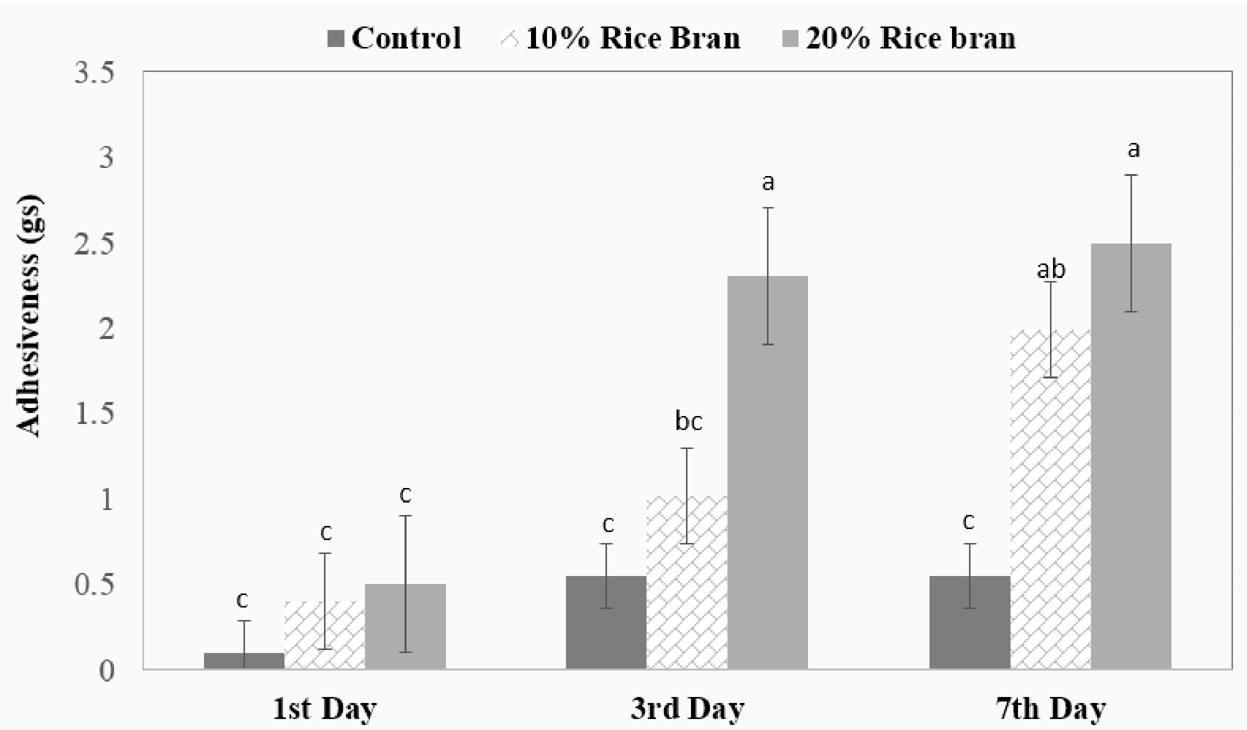
نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده های تأثیر سبوس برنج بر پارامترهای بافتی کلوچه فومن در شکل‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است.



شکل ۱- تأثیر سبوس برنج بر سختی کلوچه فومن طی نگهداری؛ اعداد مربوط به هر ویژگی که حروف یکسان دارند، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح آزمون ۵ درصد می‌باشند.

Figure 1: Effect of rice bran on Fouman cookie hardness during storage; Values in columns with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

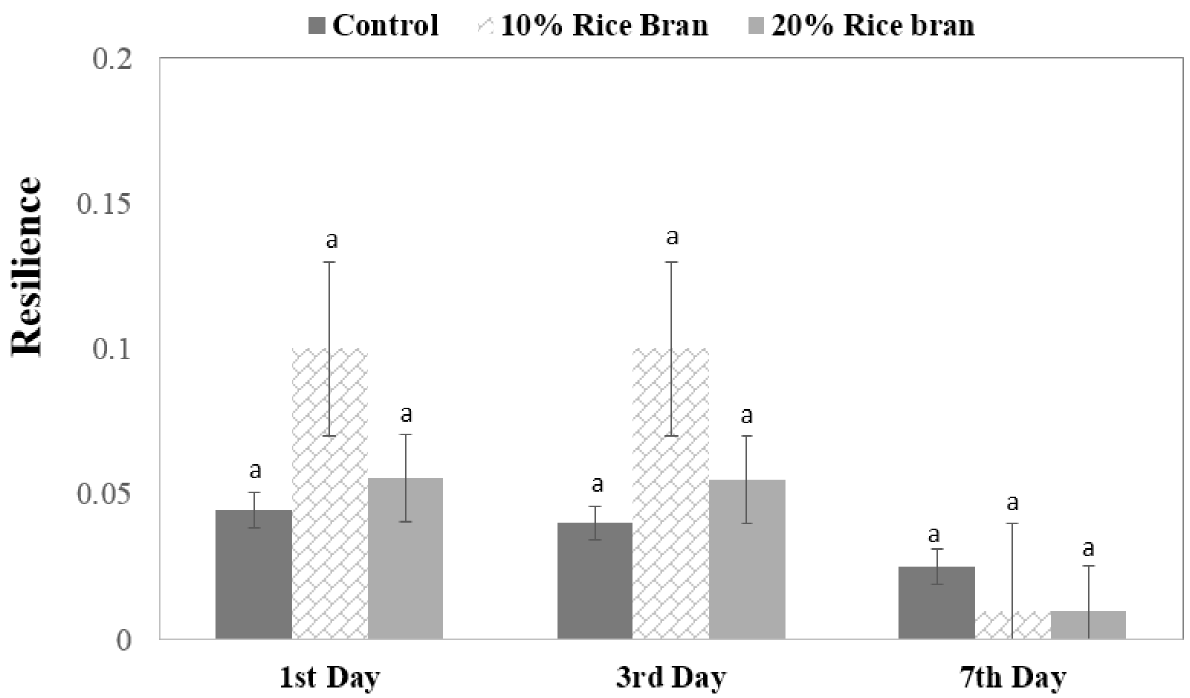
همانطور که مشاهده می‌کنید در روز اول با افزایش میزان سبوس برنج، مقدار سختی کلوچه فومن به‌طور ملایمی افزایش یافت. در روز سوم و هفتم نگهداری ،سختی کلوچه فومن با افزودن سبوس برنج تا سطح ده درصد تغییر معنی‌داری نداشت. اما با افزایش مقدار سبوس تا سطح بیست درصد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (p<۰/۰۵). سختی بافت در طی زمان نگهداری نیز دستخوش افزایش گردید. به طوری که سختی در نمونه-های شاهد و حاوی ۱۰ درصد سبوس، با شیب نسبتا ملایمی افزایش یافت اما در نمونه حاوی ۲۰ درصد سبوس برنج، با افزایش زمان ماندگاری، سفتی نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت. بالاترین سختی کلوچه فومن مربوط به نمونه حاوی بیست درصد سبوس در روز هفتم نگهداری بود. علت اصلی سفت شدن بافت، مربوط به پدیده برگشت نشاسته و تبدیل حالت بی‌شکل یا آمورف نشاسته به حالت بلوری آن است (پیغمبردوست ۱۳۹۴). در واقع، جایگزینی آرد گندم با فیبرهای تغذیه ای منجر به تغییرات کیفی و کمی خصوصیات حرارتی مرتبط با ژلاتینه شدن نشاسته و رتروگراده شدن آمیلوپکتین در حین زمان نگهداری می-شود (سانتوس و همکاران ۲۰۰۸). فیبرهای تغذیه‌ای از طریق جذب آب، ساختار کریستالی نشاسته و در نتیجه سینتیک سفت شدن بافت را تغییر می‌دهند (پنگ و همکاران ۲۰۱۰).



شکل ۲- تأثیر سبوس برنج بر چسبندگی کلوچه فومن طی نگهداری؛ اعداد مربوط به هر ویژگی که حروف یکسان دارند، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح آزمون ۵ درصد می‌باشند.

Figure 2: Effect of rice bran on Fouman cookie adhesiveness during storage ;Values in columns with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

چسبندگی خمیر اهمیت زیادی در صنایع پخت دارد. در برخی موارد از قبیل تثبیت برخی افزودنی‌ها (میوه های خشک، دانه غلات، شکلات و غیره) در محصولات نانوایی (نان‌های شیرین، نان‌های ساندویچی، شیرینی‌ها و غیره) می‌تواند مطلوب باشد. اما در اغلب موارد، باید آن را به حداقل رساند. زیرا چسبیدن به سطوح تجهیزات ممکن است تاثیرات نامطلوبی از قبیل ایجاد فاصله در تولید، ضایعات تولید و آلودگی تجهیزات داشته باشد (پورفرزاد ۱۳۹۰). چنانچه چسبندگی خمیر به محصول نهایی پخته شده منتقل شود، بر پذیرش محصول توسط مشتری تاثیر نامطلوب خواهد داشت. زیرا قابلیت جویدن آن بیش از حد افزایش یافته و به دندانها می چسبد و ممکن است محصول نپخته تلقی شود (آرمرو و کولار ۱۹۹۷). از شکل ۲ می‌توان فهمید که در روز اول پس از تولید، سبوس برنج تاثیری بر پارامتر چسبندگی نداشته است، اما در روزهای سوم و هفتم، نمونه‌های حاوی سبوس برنج چسبندگی بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشتند. همچنین با گذشت زمان نگهداری نمونه‌ها، چسبندگی در نمونه‌های حاوی سبوس، به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طوری که بالاترین میزان چسبندگی در نمونه‌های کلوچه فومن مربوط به نمونه حاوی بیست درصد سبوس در روز هفتم نگهداری بود. چسبندگی بالاتر نمونه های حاوی سبوس برنج را می‌توان به وجود کربوهیدراتهای محلول در آب در سبوس نسبت داد. با افزایش زمان نگهداری و کاهش رطوبت نمونه‌ها، جایگاه‌های اتصال آنها با مولکول‌های آب، آزاد شده و چسبندگی آنها تشدید می شود (گوجرال و همکاران ۲۰۰۳؛ پورفرزاد و همکاران ۱۳۹۰). حضور پلی‌ساکاریدهای با وزن مولکولی بالا، خصوصیات رئولوژیکی خمیر و در نتیجه محصول نهایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (فریدی ۱۹۹۰).

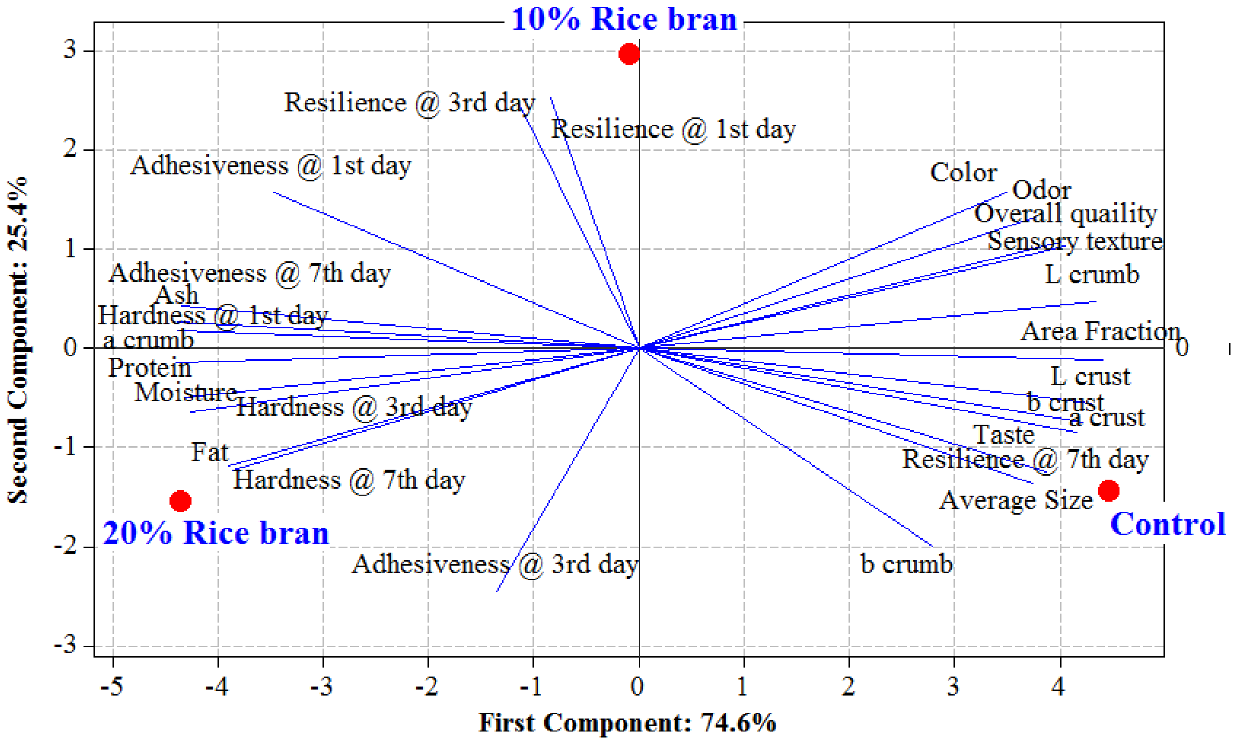


شکل ۳- تأثیر سبوس برنج بر ارتجاعیت کلوچه فومن طی نگهداری؛ اعداد مربوط به هر ویژگی که حروف یکسان دارند، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح آزمون ۵ درصد می‌باشند.

Figure 3: Effect of rice bran on resilience of Fouman cookie during storage; Values in columns with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

قابلیت خمیر در نگهداری گاز و تولید محصول با ساختار سلولی ریز و یکنواخت حائز اهمیت است. این تغییرات باعث خواهد شد تا مغز نرمی به‌دست آید و چنان خاصیت ارتجاعی (رزیلنس) داشته باشد که پس از وارد آمدن فشار ،مجدداً به شکل اولیه خود برگردد. همین پدیده است که تاثیر عمیقی در زمینه تشخیص تازگی نان و محصولات قنادی بر مصرف‌کننده می‌گذارد. از شکل فوق می‌توان فهمید که سبوس برنج بر روی پارامتر رزیلنس کلوچه فومن تأثیر معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵).

به منظور تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده و بررسی ارتباط بین پارامترهای مختلف، آنالیز شاخص‌های اصلی بر روی ویژگی‌های نمونه‌های کلوچه تولید شده انجام گرفت (شکل ۴). شاخص اول، ۷۴/۶٪ و شاخص دوم، ۲۵/۴٪ و در مجموع توانستند۱۰۰٪ از تغییرپذیری را پیش بینی نمایند. همان‌طور که نمودار آنالیز شاخص‌های اصلی نشان می‌دهد، تمامی پارامترهای بافتی به جز رزیلینس در روز هفتم ارتباط غیرمستقیمی با شاخص اول داشتند. شاخص اصلی دوم، با پارامترهای بافتی سفتی و چسبندگی در روز سوم، سفتی و رزیلینس در روز هفتم ارتباطی غیرمستقیم و با سایر پارامترهای بافتی مورد بررسی در نمونه‌های کلوچه فومن، ارتباطی مستقیم داشت. از بین پارامترهای به‌دست آمده از پردازش تصویر نمونه ها، تنها مولفهa مغز، با شاخص اصلی اول ارتباط غیرمستقیم داشت و بقیه پارامترها دارای رابطه مستقیم بودند. در مورد شاخص اصلی دوم نیز تنها یک پارامتر (مولفهL مغز) دارای ارتباط مستقیم و بقیه پارامترها، ارتباطی غیر مستقیم از خود نشان دادند. آنالیز شاخص‌های اصلی خصوصیات شیمیایی نمونه ها، بیانگر ارتباط غیرمستقیم شاخص اصلی اول با تمامی این خصوصیات بود. شاخص اصلی دوم نیز تنها با خاکستر ارتباط مستقیم داشت. آنالیز خواص حسی نیز نشان داد که تنها طعم با شاخص اصلی دوم ارتباط منفی داشت. بقیه ارتباطات بین شاخص‌ها و خصوصیات حسی کلوچه‌ها، مثبت بود.



شکل ۴- نمودارآنالیز شاخص‌های اصلی بر روی خصوصیات نمونه‌های کلوچه فومن.

Figure 4: Principal component analysis biplot on properties of Fouman cookie samples.

از تجزیه و تحلیل نمودار آنالیز شاخص‌های اصلی می‌توان دریافت که با افزایش مقدار سبوس در فرمولاسیون کلوچه فومن، مقادیر رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین افزایش یافته است. همچنین افزایش میزان سبوس منجر به افزایش میزان سفتی و چسبندگی بافت در روز اول و نیز در طی ماندگاری شده است. بیشترین مقدار رزیلینس در روز اول و سوم در نمونه های حاوی ۱۰٪ سبوس مشاهده شد ولی در روز هفتم، رزیلینس در نمونه شاهد، بهتر بود. از بررسی پارامترهای ارزیابی حسی و پردازش تصویر می‌توان دریافت که بهبود پارامترهای تصویر موجب بهبود پارامترهای حسی شده است. با افزایش مقدار تقریبا تمامی پارامترهای بافتی (سفتی، چسبندگی و رزیلینس)، خصوصیات به‌دست آمده از پردازش تصویر و ارزیابی حسی، کاهش یافته اند.

بررسی ضرایب همبستگی پیرسون نشان می‌دهد که از بین خصوصیات حاصل از بافت‌سنجی، سفتی در روزهای مختلف زمان نگهداری دارای بیشترین ارتباط با سایر پارامترهای کلوچه فومن بود (جدول ۵). ارتباط غیرمستقیم بین سفتی در روز اول و تخلخل مغز کلوچه ($r= -۱$) نشان‌دهنده تاثیر فشردگی بافت بر سفتی آن است. ارتباط مستقیم سفتی در روز اول با خاکستر ($r= ۰/۹۹۹$)، توجیه کننده افزایش سفتی در سطوح بالای غنی‌سازی با سبوس می‌باشد. پذیرش کلی نمونه‌ها، ارتباط غیرمستقیم و بسیار بالائی با سفتی به‌دست آمده از آزمون بافت سنجی در روزهای مختلف زمان ماندگاری داشت. همچنین، پذیرش کلی ارتباط غیرمستقیم و بسیار بالائی با میزان چربی موجود در نمونه‌ها ($r= -۰/۹۹۷$) و نیز ارتباط مستقیم و بسیار بالائی با امتیاز حسی بافت ($r= ۱$) داشت. همه این ارتباطات، نشان از اهمیت این موارد در پذیرش کلی محصول، توسط مصرف کننده می‌باشد. چربی موجود در نمونه‌ها، علاوه بر تاثیر بر پذیرش کلی، تاثیر غیرمستقیمی بر بوی نمونه‌ها ($r= -۰/۹۹۹$) و نیز سفتی بافت در روزهای سوم ($r= ۱$) و هفتم ($r= ۱$) نیز داشت. مولفه‌های L مغز و پوسته با پارامتر رنگ به‌دست آمده

از آزمون حسی ارتباطات مستقیمی با هم داشتند. همچنین، مولفه های مغز همبستگی غیرمستقیم و بالائی با پارامترهای بافت سنجی از خود نشان دادند که بیشترین ارتباطات مربوط به سفتی و سپس چسبندگی بود. هم‌چنین، مولفه a مغز و پوسته به ترتیب ارتباطات غیرمستقیم و مستقیمی با خصوصیات حسی و نیز بافتی از خود نشان دادند. مولفه b پوسته و مغز کلوچه-ها نیز با تمامی خصوصیات حسی همبستگی مستقیمی داشتند ولی با خصوصیات بافتی ارتباط غیرمستقیمی از خود نشان دادند. اندازه حفرات و تخلخل نیز ارتباطات قابل قبولی با خصوصیات حسی و بافتی داشتند. لذا می‌توان از پردازش تصویر برای پیشگوئی خصوصیات حسی و بافتی به‌عنوان یک ابزار سریع و نسبتا دقیق استفاده نمود. ساکلار و همکاران نیز ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های حسی و دستگاهی را در فرایند تولید فندق برشته شده را تجزیه و تحلیل نمودند (ساکلار و همکاران ۱۹۹۹). مکفی و هدرلی ارتباط بین ویژگی‌های حسی و دستگاهی همبرگر را در حین سرخ کردن با استفاده از روش آنالیز چند متغیره بررسی کرده و با استفاده از این روش، اطلاعات مفیدی در زمینه درک بهتر فرایند گزارش نمودند (مکفایو همکاران ۱۹۹۳). خصوصیات شیمیایی نیز دارای ارتباطات نسبتا بالائی با خصوصیات حسی بودند که این امر را احتمالا می‌توان به تاثیر این پارامترها بر ماهیت ترکیبات کلوچه فومن و در نتیجه خصوصیات حسی محصول نهایی نسبت داد.

از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی برای بررسی ارتباط بین ویژگی‌های حسی و رنگ سنجی استفاده گردید. لذا برای پیشگویی ویژگی‌های حسینمونه‌های کلوچه فومن غنی شده با سبوس برنج، پارامترهای به‌دست آمده از رنگ‌سنجی به عنوان شاخص‌های رگرسیونی به‌کار برده شدند. معادلات رگرسیونی به‌دست آمده جهت پیشگویی ویژگی‌های حسی به صورت جدول زیر می‌باشند:

ضریب تبیین تمامی معادلات رگرسیونی به‌دست آمده ،بسیار بالا بود که نشان دهنده کارایی بالای این معادلات در پیشگویی ویژگی‌های حسی نمونه‌های کلوچه فومن با استفاده از پارامترهای رنگ‌سنجی می‌باشد. محققان مختلفی، از پارامترهای دستگاهی برای ارزیابی ویژگی‌های حسی استفاده نموده‌اند. گروسو و رسورسیون (۲۰۰۲) با استفاده از ارزیابی هگزانال، پذیرش کلی مصرف‌کننده را در فرایند برشته کردن بادام زمینی، پیشگویی کردند. در پژوهش دیگری، پیشگویی پروفایل حسی قهوه اسپرسو، توسط آزمون‌های دستگاهی مدل‌سازی گردید (لیندینگر و همکاران ۲۰۰۸).

جدول ۵- ماتریس ضرایب همبستگی پیرسون بین خصوصیات نمونه‌های کلوچه فومن

Table 4: Pearson correlation coefficients between characteristics of Fouman cookie samples

	Hardness @ 1st day	Adhesiveness @ 1st day	Resilience @ 1st day	Hardness @ 3rd day	Adhesiveness @ 3rd day	Resilience @ 3rd day	Hardness @ 7th day	Adhesiveness @ 7th day	Resilience @ 7th day	L crumb	a crumb	b crumb
Adhesiveness @ 1st	0.832											
Resilience @ 1st day	0.26	0.752										
Hardness @ 3rd day	0.841	0.4	-0.303									
Adhesiveness @ 3rd day	0.24	-0.339	-0.875	0.726								
Resilience @ 3rd day	0.328	0.797	0.997*	-0.235	-0.839							
Hardness @ 7th day	0.85	0.416	-0.287	1**	0.714	-0.218						
Adhesiveness @ 7th day	0.995	0.882	0.354	0.784	0.143	0.419	0.795					
Resilience @ 7th day	-0.908	-0.988	-0.64	-0.538	0.189	-0.693	-0.552	-0.945				
L crumb	-0.967	-0.664	-0.006	-0.951	-0.478	-0.077	-0.956	-0.938	0.772			
a crumb	0.991	0.753	0.132	0.905	0.364	0.202	0.912	0.974	-0.846	-0.992		
b crumb	-0.686	-0.974	-0.881	-0.184	0.542	-0.912	-0.201	-0.754	0.928	0.479	-0.585	
L crust	-0.989	-0.905	-0.4	-0.752	-0.094	-0.464	-0.764	-0.999*	0.96	0.919	-0.961	0.786
a crust	-0.965	-0.948	-0.503	-0.671	0.022	-0.563	-0.684	-0.986	0.986	0.868	-0.923	0.852
b crust	-0.975	-0.934	-0.467	-0.701	-0.019	-0.528	-0.713	-0.992	0.978	0.887	-0.938	0.83
Average Size	-0.884	-0.995	-0.681	-0.492	0.241	-0.731	-0.506	-0.926	0.999*	0.737	-0.816	0.946
Area Fraction	-1*	-0.815	-0.231	-0.857	-0.268	-0.3	-0.866	-0.992	0.895	0.974	-0.995	0.664
Moisture	0.947	0.61	-0.063	0.97	0.538	0.008	0.974	0.911	-0.726	-0.998*	0.981	-0.416
Protein	0.964	0.655	-0.005	0.954	0.488	0.066	0.959	0.934	-0.765	-1**	0.991	-0.469

	Hardness @ 1st day	Adhesiveness @ 1st day	Resilience @ 1st day	Hardness @ 3rd day	Adhesiveness @ 3rd day	Resilience @ 3rd day	Hardness @ 7th day	Adhesiveness @ 7th day	Resilience @ 7th day	L crumb	a crumb	b crumb
Ash	0.999*	0.849	0.291	0.823	0.208	0.358	0.833	0.998*	-0.921	-0.959	0.987	-0.709
Fat	0.841	0.399	-0.304	1***	0.727	-0.235	1*	0.784	-0.537	-0.951	0.904	-0.183
Odor	-0.817	-0.359	0.345	-0.999*	-0.756	0.277	-0.998*	-0.756	0.5	0.936	-0.885	0.14
Taste	-0.908	-0.988	-0.64	-0.538	0.189	-0.693	-0.552	-0.945	1***	0.772	-0.846	0.928
Color	-0.745	-0.25	0.45	-0.987	-0.826	0.386	-0.985	-0.676	0.397	0.89	-0.826	0.026
Sensory texture	-0.886	-0.479	0.218	-0.996	-0.663	0.148	-0.997	-0.836	0.61	0.975	-0.939	0.27
Overall quality	-0.877	-0.464	0.235	-0.997*	-0.676	0.165	-0.999*	-0.826	0.596	0.97	-0.932	0.253

ضرایب با اندیس یک ستاره، دو ستاره و سه ستاره، به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطوح ۹۵٪، ۹۹٪ و ۹۹/۹٪ می‌باشند.

ادامه جدول ۵- ماتریس ضرایب همبستگی پیرسون بین خصوصیات نمونه‌های کلوچه فومن

Table 4continued: Pearson correlation coefficients between characteristics of Fouman cookie samples

	L crust	a crust	b crust	Average Size	Area Fraction	Moisture	Protein	Ash	Fat	Odor	Taste	Color	Sensory texture
a crust	0.993												
b crust	0.997*	0.999*											
Average Size	0.944	0.976	0.966										
Area Fraction	0.984	0.957	0.968	0.87									
Moisture	-0.89	-0.831	-0.853	-0.688	-0.956								
Protein	-0.915	-0.862	-0.882	-0.729	-0.972	0.998*							
Ash	-0.993	-0.973	-0.982	-0.899	-0.998*	0.936	0.955						
Fat	-0.752	-0.671	-0.701	-0.491	-0.857	0.97	0.954	0.823					
Odor	0.723	0.638	0.669	0.453	0.833	-0.959	-0.94	-0.798	-0.999*				
Taste	0.96	0.986	0.978	0.999*	0.895	-0.726	-0.765	-0.921	-0.537	0.5			
Color	0.639	0.545	0.58	0.348	0.764	-0.92	-0.895	-0.723	-0.988	0.993	0.397		
Sensory texture	0.808	0.734	0.762	0.567	0.899	-0.988	-0.977	-0.87	-0.996	0.991	0.61	0.97	
Overall quality	0.797	0.722	0.75	0.552	0.891	-0.985	-0.973	-0.862	-0.997*	0.993	0.596	0.974	1*

جدول ۶- معادلات رگرسیونی حداقل مربعات جزئی خصوصیات حسی نمونه‌های کلوچه فومن

Table 6:Partial Least Squares Regression models for sensory characteristics of Fouman cookie samples

Coefficients	Odor	Taste	Color	Texture	Overall quaility
Constant	3.66437	4.46335	3.07964	1.64117	3.11346
Lcrumb	0.02041	-0.00014	0.0328	0.0487	0.02843
acrumb	-0.04231	-0.00064	-0.06706	-0.10282	-0.05987
bcrumb	-0.03434	0.00439	-0.05933	-0.07363	-0.04368
Lcrust	0.01459	0.00292	0.02042	0.04086	0.02335
acrust	0.00117	0.00234	-0.00046	0.0075	0.00399
bcrust	0.00236	0.00128	0.0025	0.00823	0.00459
AverageSize	-0.00989	0.00238	-0.0182	-0.01899	-0.01147
AreaFraction	0.01768	0.00079	0.02749	0.044	0.02553
R^2	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999

نتیجه‌گیری

افزودن یک یا چند ماده مغذی بیشتر از حد طبیعی در یک ماده غذایی که پیش از فرآیند شدن٠در آن ماده غذایی وجود نداشته و یا در مقادیر کم موجود بوده است را غنی‌سازی می‌نامند. غنی‌سازی مواد غذایی یکی از راهکارهای عمده کنترل کمبود ریزمغذی‌ها است که تقریبا در تمام کشورهای دنیا به کار گرفته شده است. با در نظر گرفتن پتانسیل تغذیه‌ای سبوس برنج، توجه به این فراورده به‌منظور استفاده از آن در مصارف صنعتی به‌خصوص صنایع غذایی ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش، اثر سبوس برنج بر کیفیت و ماندگاری کلوچه فومن بررسی شد. در مطالعه حاضر از سبوس برنج در سطوح صفر، ۱۰٪ و ۲۰٪ در این محصول استفاده شد. بررسی ارزیابی حسی نشان داد که سبوس برنج بر روی بو و مزه و طعم کلوچه فومن تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین رنگ، بافت و پذیرش کلی با افزودن سبوس برنج تا سطح ده درصد تغییر معنی‌داری نداشتند اما با افزایش مقدار سبوس تا سطح ۲۰ درصد به طور معنی‌داری در هر سه محصول کاهش یافتند. افزودن سبوس برنج تا سطح بیست درصد به کلوچه فومن تأثیر مثبت معنی‌داری روی ویژگی‌های شیمیایی آن‌ها نشان داد. افزودن سبوس برنج بر روی ویژگی٠a مغز، b مغز و a پوسته کلوچه فومن تأثیر معنی‌داری نداشت و با افزودن سبوس برنج تا سطح ده درصد L مغز، L پوسته، b پوسته و تخلخل به طور معنی‌داری کاهش یافتند و در سطح سبوس ۲۰ درصد به طور معنی‌داری به کمترین مقدار خود رسیدند و در نهایت اندازه حفرات با افزودن سبوس برنج تا سطح ده درصد به طور معنی‌داری کاهش یافت. در روز اول با افزودن سبوس برنج تا سطح ده درصد مقدار سختی کلوچه فومن به طور معنی‌داری افزایش یافت و این افزایش سختی با بالا رفتن سطح سبوس برنج تا سطح بیست درصد به طور معنی‌داری بیشتر هم شده است. بالاترین سختی کلوچه فومن مربوط به سطح سبوس بیست درصد در روز هفتم نگهداری می‌باشد.

افزودن سبوس برنج بر روی پارامتر چسبندگی، رزیلنیس، صمغیت، جوندگی و پیوستگی نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت. با توجه به نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر برای هر سه محصول استفاده از سبوس برنج تا سطح ۱۰٪ پیشنهاد می‌شود. از تجزیه و تحلیل نمودار آنالیز شاخص‌های اصلی می‌توان دریافت که بهبود خصوصیات به‌دست آمده از پردازش تصویر، منجر به افزایش امتیاز ویژگی‌های حسی شده است. از بین خصوصیات حاصل از بافت سنجی، سفتی در روزهای مختلف زمان نگهداری، دارای بیشترین ضرایب همبستگی پیرسون بود.

منابع مورد استفاده

پورفرزاد ا، حداد خداپرست م، کریمی م و مرتضوی س ع، ۱۳۹۰. استفاده از روش رویه پاسخ در بررسی تاثیر اجزا ژل بهبوددهنده بر چسبندگی خمیر نان بربری، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی ۲۱(۲)، ۲۶۸-۲۵۸.

پیغمبردوست س ه، پورصفر ل و آزادمرد دمیرچی ص، اثر فرایند حرارت‌دهی خشک و مرطوب آرد گندم نرم بر ویژگی‌های خمیر و کیفیت کیک، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی ۲۵(۱)،۱۴۳-۱۵۸.

شاکری ف، شاکری س، امیری گور ش و امیری گور ا. ۱۳۹۲، خواص و کاربردهای سبوس برنج، دومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی. قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، ۱-۷.

فتحی م و محبی م، ۱۳۸۹. افزایش امنیت غذایی با استفاده از فناوری نانو، ماهنامه فناوری نانو ۹(۴)، ۱۶.

میلانی ا، پورآذرنگ ه و مرتضوی س ع، ۱۳۸۸. اثر افزودن سبوس برنج بر ویژگی‌های رئولوژیک خمیر و بافت نان بربری، فصل-نامه علوم و صنایع غذایی ۶ (۱)، ۲۳.

واحدی س ع و رادی م، ۱۳۹۵. غنی سازی مواد غذایی و مواد بسته بندی، اولین کنگره بین المللی و بیست و چهارمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، تهران، انجمن علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ۱-۶.

ودادهیر ا، امیدوار ن، رفیع‌فر ج و جوان محجوب دوست س، ۱۳۹۵. مطالعه قوم نگارانه غذاهای محلی در شهرستان فومن، مجله مطالعات اجتماعی ایران ۹ (۴)، ۱۳۸-۱۰۷.

AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 2000. American Association of Cereal Chemists: St. Paul, MN.

Ameh M, Gernah D and Igbabul B, 2013. Physico-Chemical and Sensory Evaluation of Wheat Bread Supplemented with Stabilized Undefatted Rice Bran. Food and Nutrition Sciences 4: 43-48

Armero, E and Collar, C, 1997. Texture properties of formulated wheat doughs Relationships with dough and bread technological quality. Zeitschrift Für Lebensmitteluntersuchung A 204(2): 136-145.

Bagheri R and Seyedein S. M, 2011. The Effect of Adding Rice Bran Fibre on Wheat Dough Performance and Bread Quality. World Applied Sciences Journal 14:121-125.

Crowley, P, Schober, T, Clarke, C and Arendt, E, 2002. The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. European Food Research and Technology 214, 489-496.

El-Arini, SK and Clas, SD, 2002. Evaluation of disintegration testing of different fast dissolving tablets using the texture analyzer. Pharmaceutical Development and Technology 7, 361-371.

Faridi, H, 1990. Application of rheology in the cookie and cracker industry. In Dough rheology and baked product texture (pp. 363-384). Springer, Boston, MA.

Farrell DJ, 1994. Utilization of rice bran in diets for domestic fowl and ducklings. World's Poultry Science Journal 50:115–131.

Fleming, S and Sosulski, F, 1978. Microscopic evaluation of bread fortified with concentrated plant proteins. Cereal Chemistry 55: 373-382.

Gefen, D and Straub, D, 2005. A practical guide to factorial validity using PLS-Graph: Tutorial and annotated example. Communications of the Association for Information systems 16: 5-10.

Ghufran S, Saqib A, Mubaraka A, Rashida A and Fred SH, 2009. Influence of rice bran on rheological properties of dough and in the new product development. Journal of Food Science and Technology 46(1): 62–65.

Gomez M, Oliete B, Rosell C, Pando V and´Encarnacio F, 2008. Studies on cake quality made of wheat chickpea flour blends. Food Science and Technology 41: 1701-1709.

Grosso N and Resurreccion A, 2002. Predicting consumer acceptance ratings of cracker-coated and roasted peanuts from descriptive analysis and hexanal measurements. Journal of food science 67(4): 1530-1537.

Gujral, HS, Mehta, S, Samra, IS and Goyal, P, 2003. Effect of wheat bran, coarse wheat flour, and rice flour on the instrumental texture of cookies. International Journal of Food Properties 6(2): 329-340.

Joseph, T and Morrison, M, 2006. Nanotechnology in agriculture and food. Institute of nanotechnology 84, 1-13.

Kumar, A, Henderson, A, Forster, GM, Goodyear, AW, Weir, TL, Leach, JE, Dow, SW and Ryan, EP, 2012. Dietary rice bran promotes resistance to Salmonella enterica serovar Typhimurium colonization in mice. BMC Microbiology 12, 71.

Lindinger C, Labbe D, Pollien P, Rytz A, Juillerat M A, Yeretzian C and Blank I, 2008. When machine tastes coffee: Instrumental approach to predict the sensory profile of espresso coffee. Analytical Chemistry 80(5): 1574-1581.

MacFie H J and Hedderley D, 1993. Current practice in relating sensory perception to instrumental measurements. Food quality and preference 4 (1): 41-49.

Mishra N, 2017. Utilization of waste defatted rice bran in formulation of functional cookies and its effect on physiochemical characteristic of cookies. International Journal of Advanced Science and Research 2(5): 64-68.

Nealon, NJ, Parker, KD, Lahaie, P, Ibrahim, H, Maurya, AK, Raina, K and Ryan, EP, 2019. Bifidobacterium longum-fermented rice bran and rice bran supplementation affects the gut microbiome and metabolome. Beneficial Microbes 10, 823-839.

Norhaizan ME, Norazalina S, Hairuszah I and Norashareena MS, 2013. Anticarcinogenic efficacy of phytic acid extracted from rice bran on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. Experimental and Toxicologic Pathology 62: 259–268.

Peng, X, Ma, J, Cheng, KW, Jiang, Y, Chen, F and Wang, M, 2010. The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. Food Chemistry 119(1): 49-53.

Poletto, G, Raddatz, GC, Cichoski, AJ, Zepka, LQ, Lopes, EJ, Barin, JS, Wagner, R and de Menezes, CR, 2019. Study of viability and storage stability of Lactobacillus acidophillus when encapsulated with the prebiotics rice bran, inulin and Hi-maize. Food Hydrocolloids 95, 238-244.

Pourfarzad A, Haddad Khodaparast M, Karimi M and Mortazavi S, 2014. Optimization of a novel improver gel formulation for Barbari flat bread using response surface methodology. Journal of Food Science and Technology 51(10): 2344-2356.

Pourfarzad A, Karimi M, Ghiyafe Davoodi M, Hematiyan Sorki A and RazaviZadegan SH, 2009. Effect of Hurdle Technology on quality and shelf life of Barbari bread. Electronic Journal Food Production and Preservation 1 (2): 17-32, In Persian.

Pourfarzad, A and Habibi-Najafi, MB, 2012. Optimization of a liquid improver for barbari bread: staling kinetics and relationship of texture with dough rheology and image characteristics. Journal of Texture Studies 43, 484-493.

Pourfarzad, A, Mahdavian-Mehr, H and Sedaghat, N, 2013. Coffee silverskin as a source of dietary fiber in bread-making: Optimization of chemical treatment using response surface methodology. LWT-Food Science and Technology 50(2): 599-606.

Quevedo, R, Díaz, O, Caqueo, A, Ronceros, B and Aguilera, JM, 2009. Quantification of enzymatic browning kinetics in pear slices using non-homogenous L* color information from digital images. LWT - Food Science and Technology 42, 1367-1373.

Ryan, EP, Heuberger, AL, Weir, TL, Barnett, B, Broeckling, CD and Prenni, JE, 2011. Rice bran fermented with Saccharomyces boulardii generates novel metabolite profiles with bioactivity. Journal of agricultural and food chemistry 59, 1862-1870.

Saklar S, Ungan S and Katnas S, 1999. Instrumental crispness and crunchiness of roasted hazelnuts and correlations with sensory assessment. Journal of food science 64(4):1015-1019.

Santos E, Rosell CM and Collar C., 2008. Retrogradation kinetics of high fibre-wheat flour blends: a calorimetric approach. Cereal Chemistry 85:455-463.

Saunders, R, 1985. Rice bran: composition and potential food uses. Food Reviews International 1, 465-495.

Sereewatthanawut, I, Prapintip, S, Watchiraruji, K, Goto, M, Sasaki, M and Shotipruk, A, 2008. Extraction of protein and amino acids from deoiled rice bran by subcritical water hydrolysis. Bioresource technology 99, 555-561.

Sharif, MK, Butt, MS, Anjum, FM and Nawaz, H, 2009. Preparation of fiber and mineral enriched defatted rice bran supplemented cookies. Pakistan Journal of Nutrition 8(5): 571-577.

Sharma HR and Chauhan GS, 2002. Effects of stabilized rice bran- fenugreek blends on the quality of breads and cookies. Journal of Food Science and Technology Mysore 39(3): 225-233.

Younas, A, Bhatti, MS, Ahmed, A and Randhawa, MA, 2011. Effect of rice bran supplementation on cookie baking quality. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 48(2), pp.129-134.

Journal of Food Researches/vol.31 No.1, 2021/pp 95-114
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir
DOI: 10.22034/fr.2021.35906.1698

An investigation of quality and shelf-life of rice bran fortified Fouman cookie using symmetric and asymmetric multivariate methods

T Mahrousi[1] and A Pourfarzad[2*]

Received: October 5, 2019 Accepted: February 2, 2020

[1]Graduated MSc, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Rasht Branch, Rasht, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
*Corresponding author: amir.pourfarzad@gmail.com

Introduction: Rice (*Oryza Sativa*), a member of Gramineae family, is one of the most important cereal grains which can be annual or perennial. The grain has many varieties which are divided into Asian and African classes. Rice grain and its related products are food staple of over 40% of global population (Sereewatthanawut et al. 2008). Rough rice (paddy) is surrounded by a loose outer hull or husk. The white starchy endosperm kernel of rice is enclosed by a firmly adhering bran coat and germ. In general, rice is milled before utilization, producing hull, bran, germ, and white rice. Rice bran, process discard, is extensively used as animal feed, fuel or fertilizer throughout the world (Saunders 1985). Rice bran is rich in protein (12-16%), fat (16-22%), raw fiber (8-12%) as well as vitamins and minerals (e.g., thiamin, niacin, aluminum, chlorine, iron, magnesium, phosphorus, potassium, silicon, sodium, and zinc). This byproduct is good source of vitamin E such as tocopherols (alpha, beta, sigma, and gamma). Numerous studies have shown the beneficial effects of vitamin E in the prevention, control, and treatment of various disease. Moreover, over the years many studies have confirmed the health benefiting effects of rice bran (Ryan et al. 2011). Recently, immunoregulatory effects of rice bran, against enteric pathogens, have been reported (Kumar et al. 2012; Nealon et al. 2019). Rice bran, as a fermentable substrate for the growth of the probiotic microorganisms, has been successfully used for the production of functional foods (Poletto et al. 2019). To the best of our knowledge, there are no reports on the use of rice bran in the formulation of Fouman cookie. Thus, the present study was designed: (a) to examine the effects of rice bran on the chemical, physical and organoleptic properties of Fouman cookie; (b) to obtain the relationship between Fouman cookie parameters using multivariate mathematical-statistical methods such as partial least squares regression analysis (PLSR) and principal components analyses (PCA) as ways to offer simple ways to measure texture, sensory and shelf-life aspects.

Material and methods: The stabilized rice bran was kindly provided by the Giltaz Company (Langarud, Guilan, Iran). The obtained bran powder was stored at -18℃ till further analysis. In this research, we investigated the effect of different levels of rice bran (0, 10% and 20%) in production of Fouman cookie. Moisture, protein, ash, fat, total dietary fiber, phytic acid, acidity, peroxide, and vitamins (thiamin, niacin, B_6, E and pantothenic acid) were analyzed by method of American Association for Clinical Chemistry (AACC (2000). The prepared samples were coded by two-digit codes and presented in random order to 10 trained evaluators. They were asked to score the cookies in the range of 1 to 5 in terms of odor, taste, color, texture, and overall quality (5-point hedonic scale). All the assessments were conducted on the same day at room temperature. A texture analyzer (Brookfield, Model CT310K, US) was used to measure the force required for compression of a round-bottom (2.5 cm diameter × 1.8 cm height) probe on the samples. The test velocity was set at 0.5 mm/s with a compression depth of 5 mm and the trigger load of 100 g. In a typical process, the samples were placed vertically inside the device and the probe landed on it with the mentioned velocity and compression depth (El-Arini and Clas 2002). The texture of samples was evaluated after 1, 72 and 168 hours of storage for shelf-life monitoring. Crumb texture was determined by a texture analyzer (Brookfield, Model CT310K, US) provided with the software “Texture Expert”. The aluminum cylindrical probe (25 mm diameter) was used in a “Texture Profile Analysis” double compression test (TPA) to penetrate to 50% depth, at 2 mm/s speed test, with a delay of 30 s between first and second compression. Hardness (N), springiness and resilience were calculated from the TPA graphic (Gómez et al. 2008). A central region image of each sample was captured using a flatbed HP Scanjet G4010 Photo Scanner (Hewlett-Packard, Palo-Alto, CA, USA) supporting Desk Scan II software (Hewlett Packard, USA). A single 8 mm×8 mm square field of view was analyzed for each image. Brightness was adapted to150 units and contrast to 170 units. Images were scanned in 256 grey levels at 150 dots per inch (dpi) each containing 355 columns by 355 rows of picture elements (pixels) (Crowley et al. 2002). ImageJ 1.4g (National Institute of Health, USA) was used for analyzing of the JPEG image file. The CIE L*a*b* (or CIELAB) color model was operated for the examination of color (Figure 1). The three parameters of such model represent the color lightness (L*), redness-greenness (a*) and blueness-yellowness (b*) (Pourfarzad and Habibi-Najafi 2012; Quevedo et al. 2009). To evaluate crumb structure, color images were converted to 8-bits 256 gray level images. The thresholding method (conversion to a binary image) of the 256 gray level digital images was used for image segmentation. The selected crumb grain features were the average size and porosity (Farrera-Rebollo et al. 2011, Angioloni and Collar 2011). To assess the significant differences among samples, a completely randomized design was performed (Minitab 15, Minitab Inc., State College, PA, USA). To investigate the significance of differences between the mean values, Duncan’s multiple range tests were employed after the one way analysis of variance at the confidence level of 95%. Each test was conducted in three replicates. Principal component analysis and PLSR were performed on physicochemical, texture and sensory data sets.

Results and discussion: The results showed that there was no significant difference between the color score, texture and the overall quality of control and samples containing 10% bran, but their scores decreased significantly with increasing bran amount up to 20%. The moisture and ash contents of the samples increased significantly with increasing rice bran amount. Also, by adding rice bran, the parameters of crumb L, crust L, crust b, porosity, and average size of Fouman cookie significantly decreased. Moreover, addition of rice bran increased the hardness of samples on the first day, but there was no significant difference between the hardness of the control and samples containing10% rice bran during storage.

Conclusion: The best physico-chemical, sensory properties and shelf-life of Fouman cookie were obtained at 10% fortification level. Obtained Partial least squares regression models had very high R^2 indicating the high efficiency of these equations in predicting the sensory properties of Fouman cookies using color analysis indices.

Keywords: Fouman Cookie, Quality, Rice Bran, Shelf Life