**مجله علوم و صنایع غذایی ایران**

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

# ارزیابی اثر باگاس و پلی‌ساکارید محلول سویا بر ویژگی‌های تصویری دونات

محبوبه داراپور[۱]، بهزاد ناصحی [۲*]، حسن برزگر[۳]، حسین جوینده[٤]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

۲- دانشیار گروه فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

٤- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

**اطلاعات مقاله**

**تاریخ های مقاله :**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

**کلمات کلیدی:**

فیبر، نیشکر،

دونات،

پردازش تصویر.

DOI: 10.22034/FSCT.19.132.387

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.132.31.4

* مسئول مکاتبات:

Nasehi.b@pnu.ac.ir

**چکیده**

**در سال‌های اخیر از روش غیر مخرب و سریع پردازش تصویر، برای ارزیابی کمی و کیفی ویژگی‌های فراورده‌های غذایی با موفقیت استفاده شده است. در این پژوهش نیز اثر فیبر باگاس نیشکر به عنوان یک منبع غنی‌کننده فیبر(۲۵-۰ درصد)، پلی‌ساکارید محلول در آب سویا (۲-۰ درصد) و زمان سرخ کردن (۵-۲ دقیقه) بر ویژگی‌های تصویری دونات مانند تعداد، دانسیته و اندازه حباب‌ها، رنگ، تخلخل، انرژی، همگنی، تباین و آنتروپی مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که افزایش فیبر باگاس نیشکر سبب افزایش شاخص a* وکاهش مؤلفه L* و b* پوسته و مغز و تخلخل می‌شود. از سوی دیگر افزایش دمای سرخ‌کردن، سبب افزایش قرمزی رنگ پوسته و کاهش میزان روشنی رنگ پوسته و تخلخل بافت می‌شود. این در حالی است که پلی‌ساکارید محلول در آب سویا،اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های تیمارها نداشت. نتایج بهینه‌یابی هم نشان داد که اگر نمونه حاوی ۸/۵۸ درصد باگاس نیشکر و ۰/۳٦ درصد پلی ساکارید محلول سویا، طی ۵ دقیقه سرخ شود، بهترین کیفیت حاصل خواهد شد.**

## ۱- مقدمه

دونات، میان وعده غله‌ای لذیذی است که در بسیاری از کشورها مانند ایران مصرف گسترده‌ای دارد. از آنجایی که برای تهیه باید در روغن سرخ شود، محتوای چربی و انرژی بالایی دارد که دوست داران آن را نگران سلامت خود می‌کند [۱]. لذا پژوهش‌های زیادی برایکاهش میزان جذب روغن این فراورده طی مرحله سرخ کردن انجام شده است. از جمله می‌توان به استفاده از ترکیبات فیبردار اشاره کرد که علاوه بر کاهش میزان جذب روغن [۲ و ۳]، سبب بهبود عملکرد دستگاه گوارش، کاهش کلسترول خون و خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی، کنترل وزن و قند خون می‌شود[٤]. باگاس نیشکر یکی از پسماندهای در دسترس و با ارزش است که حاوی ٤٠-٤٥ درصد سلولز، ٣٥-٢٥ درصد همی‌سلولز، ٣٠-١٤/٤ درصد لیگنین، ١٢/١٤-٣/٥ درصد عصاره و ٣/٤-٠/٦ درصد خاکستر و مقادیر بسیاری ترکیبات فنولیک، موم و مواد معدنی می‌باشد [٥ تا ٧]. پلی‌ساکاریدهای محلول در آب سویا که ساختاری شبیه به پکتین دارند دارای ویسکوزیته نسبتاً کم و پایداری بالا در محلول‌های آبی هستند و به دلیل عملکردهای مختلف می‌توانند در صنایع غذایی و داروسازی استفاده شوند[٨].

در روش پردازش تصویر، ویژگی‌های مهمی در خصوص ساختار و ریز ساختار نمونه، با استفاده ازعکس‌های دیجیتال و به سرعت و به صورت غیرمخرب ارزیابی می‌شود. تاکنون از این روش به طورگسترده در ارزیابی ساختار سلولی انواع فراورده‌های نانوایی که نقش موثری بر سایر ویژگی‌هایآن دارد، به کار گرفته شده است[٩ و ١٠]. بنابراین، هدف این پژوهش بکارگیری روش پردازش تصویر، برای بررسی ویژگی‌های دونات غنی‌شده با باگاس و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا طی زمان‌های مختلف سرخ کردن بود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

مواد فرمول و درصد هرکدام از آنها بر اساس صد گرم آرد گندم (آرد جنوب اهواز) شامل آب، ٣٧/٥٪؛ شورتنینگ (فرآورده‌های غذایی و پروتئینی بهینه و زین البرز)، ١٨/٧٪؛ تخم مرغ (تلاونگ تهران)، ١٢/٤٪؛ شکر (کوشا تغذیه ماندگار تهران)، ٦/٢٪؛ پودر شیرخشک بدون چربی (پارسیان صنعت شایان نظرآباد)، ٦/٢٪؛ مخمر خشک فعال (خمیرمایه رضوی مشهد)،٢/٩٪؛ نمک (اسپیدانفارس)، ١٪؛ وانیل (خرس قطبی، چین)،٠/١٥٪؛ بیکینگ پودر (هرمین شهریار)، ١/٥٪؛ پلی‌ساکارید محلول سویا (فوجی اویل ژاپن) و روغن مخصوص سرخ کردنی (آفتاب، مارگارین سهامی عام، تهران، ایران) بود.

باگاس نیشکر نیز از کارخانه کشت و صنعت دعبل خزائی تهیه و پس از حذف ناخالصی‌ها و شست و شودر آب، در آفتاب خشک شد. جهت حذف لیگنین، باگاس در سدیم هیدروکسید ٠/٢٥ مولار به نسبت ١ گرم در ٢٠ میلی‌لیتر محلول به مدت ٣ ساعت دردمای ٨٠ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم قرارگرفت. سپس توسط آب شسته شد تا سدیم هیدروکسید باقیمانده آن حذف شود. بعد از آن باگاس در آون با دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد، به مدت حدود ٤ ساعت قرار گرفت. در پایان هم با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی ذرات آن تا اندازه ٠/٤٧٥ میلی‌متر کاهش داده شد.

### ۲-۲- تهیه دونات

نمونه‌های دونات بر اساس فرمول و دستور پخت نوریو همکاران (٢٠١٧) با کمی تغییرات تهیه شدند[١١]. برای فعال‌سازی مخمر با حدود ٧٠ درصد آب فرمول با دمای ٣٥ درجه سانتی‌گراد مخلوط و به مدت ٥ دقیقه نگهداری شد. آردگندم، باگاس فراوری شده، پلی‌ساکارید محلول سویا و بکینگ‌پودر به صورت دستی با هم مخلوط شدند. سایر مواد پودری شامل شکر، پودر شیر خشک بدون چربی، نمک و وانیل و شورتنینگ در ظرف دیگری به مدت ١ دقیقه با دور تند مخلوط شدند.سپس به این مخلوط، تخم مرغ اضافه و به مدت١ دقیقه با دور تند همزده شد. سپس مابقی آب فرمول به این ظرف اضافه و با دور کند به مدت٣٠ ثانیه مخلوط شدند. در مرحله بعد بخشی از مخلوط آرد و به تدریج اضافه شد. سپس سوسپانسیون مخمرو در انتها باقیمانده مخلوط آرد افزوده شد و تا تشکیل یک خمیر مناسب ورز داده شد. خمیربه مدت ٣٠ دقیقه، در دمای اتاق به منظور تخمیر قرار گرفت. سپس خمیر به ضخامت ١ سانتی‌متر پهن و با قالب مربعی (با ابعاد ٥ ×٥ سانتیمتر) قالب زده شد و دوباره به مدت ١٥ دقیقه به منظور تخمیر نهایی قرارگرفت. در ادامه قطعات خمیر در یک سرخ‌کن که حاوی روغن سرخ کردنی با دمای ٢ ±١٨٠ به مدت ٢ تا ٥ دقیقه سرخ شدند. در پایان دونات‌ها از

سرخ‌کن خارج و بر روی دستمال قرار گرفتند تا پس از ۳۰ دقیقه، از آنها عکس برداری شود [۱۲].

### ۲-۳- پردازش تصویر

در این پژوهش شاخص‌های رنگ پوسته و مغز، ویژگی‌های ساختار مغز و توصیف‌گرهای بافت سطحی دونات با استفاده از یک سیستم آنالیز تصویر شامل یک دوربین تصویربرداری دیجیتال کانن (مدل PowerShot SX60 HS) و یک کامپیوتر شخصی مورد مطالعه قرار گرفت. تصاویر در یک فاصله ثابت ۳۰ سانتی‌متری از نمونه‌های قرارگرفته در یک جعبه سیاه ( با ابعاد تقریبی ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰cm) و با نورپردازی با زاویه ٤٥ درجه توسط لامپ‌های فلوئورسنتی، گرفته شد[۱۱]. بدین منظور ویژگی رنگ مغز و پوسته دونات از طریق ارزیابی سه شاخص روشنایی ($L^*$)، قرمزی ($a^*$) و زردی ($b^*$) بررسی شد. ابتدا برشی از تصاویر پوسته و مغزبه ابعاد ۲× ۲ سانتی‌متر (۱٤۲×۱٤۲ پیکسل) در نرم‌افزار فتوشاپ تهیه شد تا شاخص‌های رنگی در نرم‌افزار JImage تجزیه و تحلیل شوند[۹]. ویژگی‌های ساختار مغز شامل تعداد، مساحت و دانسیته سلول‌ها و همچنین تخلخل از روی تصاویر به فرم رنگی (۲٤ بیتی) مغز نمونه‌ها ارزیابی شدند[۱۱]. برای بررسی توصیف‌گرهای بافت سطحی هم ماتریس هم‌زمانی سطح خاکستری هر تصویر ایجاد و ویژگی‌هایی مانند کنتراست (تغییرات موضعی موجود در تصویر)، انرژی (یکنواختی بافت تصویر)، انتروپی (بی‌نظمی‌های تصویر) و همگنی (صافی تصویر) تعیین شد[۱۳].

### ۲- ٤- طرح آماری

به منظور ارزیابی آماری متغیرهای وابسته شامل ویژگی‌های تصویری تیمارها از شیوه سطح پاسخ با یک طرح مرکب مرکزی چرخش‌پذیر استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل فیبر باگاس نیشکر (در دامنه ۲۵-۰ درصد) و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا (۲-۰ درصد) و زمان سرخکردن (۵-۲ دقیقه) بود که با توجه به آنها نرم افزار مینی‌تب۲۰ تیمار معرفی کرد. پس از اجرای آزمون‌های آزمایشی و آنالیز رگرسیون یافته‌ها با استفاده از رابطه زیر برای هریک از پاسخ‌ها یک مدل چند جمله‌ای درجه دوم برازیده شد.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} X_{ii}^2 + \sum_{1 \le i < j}^{k} \beta_{ij} X_i X_j$$

در این رابطه Y پاسخ برآورد شده و عبارات $\beta_0$، $\beta_i$، $\beta_{ii}$،$\beta_{ij}$ به ترتیب ثابت معادله (عرض از مبدأ)، ضریب اثرات خطی، ضریب اثرات درجه دوم و ضریب اثرات متقابل و همچنین، $x_i$ و$x_j$ سطوح متغیرهای مستقل می‌باشند. سپس بهینه‌یابی عددی به منظور دست‌یابی به سطوح بهینه متغیرهای مستقل انجام شد[۱۲].

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱-ویژگی‌های رنگ

یافته‌های جدول ۱ نشان می‌دهد که باگاس نیشکر اثر خطی منفی معنی‌داری بر فاکتورهای*L و*b مغز و *b پوسته دارد (p<۰/۰۵).

**Table 1** Analysis of variance and regression coefficients of responses of fiber and color of peel and pith of samples enriched with sugarcane bagasse

| Source | Crust | | | Crumb | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| 0β | 50.39 | -2.912 | 60.605 | 74.662 | -4.174 | 4.464 |
| A | -0.161 $^{ns}$ | 0.043 $^{***}$ | -0.685$^{***}$ | -1.298$^{***}$ | 0.026$^{***}$ | - 0.012 $^{ns}$ |
| B | 0.175 $^{ns}$ | 6.896 $^{**}$ | -4.064$^{**}$ | - 1.327 $^{ns}$ | - 0.800 $^{ns}$ | 6.467 $^{ns}$ |
| C | -4.700 $^{ns}$ | 2.923 $^{ns}$ | - 2.852 $^{ns}$ | 5.527 $^{ns}$ | 0.062 $^{ns}$ | 5.508 $^{ns}$ |
| AB | 0.0416$^{**}$ | -0.018 $^{ns}$ | 0.034$^{*}$ | 0.014 $^{ns}$ | 0.007$^{***}$ | - 0.018 $^{ns}$ |
| AC | -0.159 $^{ns}$ | - 0.467 $^{ns}$ | 0.234 $^{ns}$ | 0.220 $^{ns}$ | 0.072 $^{ns}$ | - 0.766 $^{ns}$ |
| BC | 1.347 $^{ns}$ | - 2.299 $^{ns}$ | 0.288 $^{ns}$ | - 1.135 $^{ns}$ | - 0.207 $^{ns}$ | - 1.857 $^{ns}$ |
| $A^2$ | - 0.129 $^{ns}$ | - 5.055 $^{ns}$ | - 0.183 $^{ns}$ | 0.044 $^{ns}$ | 0.001 $^{ns}$ | 0.099 $^{ns}$ |
| $B^2$ | - 0.936 $^{ns}$ | 0.201 $^{ns}$ | - 0.155 $^{ns}$ | 0.005 $^{ns}$ | - 0.034 $^{ns}$ | 0.185 $^{ns}$ |
| $C^2$ | 1.669 $^{ns}$ | 0.400 $^{ns}$ | 1.469 $^{ns}$ | - 1.042 $^{ns}$ | 0.156 $^{ns}$ | - 0.808 $^{ns}$ |
| Model | 0.155 $^{ns}$ | 0.002$^{**}$ | 0.007$^{**}$ | 0.000 $^{***}$ | 0.000 $^{***}$ | 0.563 $^{ns}$ |
| Lack of fit | 0.871 $^{ns}$ | 0.334 $^{ns}$ | 0.995 $^{ns}$ | 0.160 $^{ns}$ | 0.100 $^{ns}$ | 0.026 $^{ns}$ |
| $R^2$ | 63.79 | 87.94 | 83.32 | 96.21 | 97.34 | 44.53 |
| Adj-$R^2$ | 31.19 | 66.08 | 68.31 | 92.81 | 94.94 | 0.000 |
| CV (%) | 6.98 | 33.68 | 13.90 | 8.21 | -28.45 | 13.90 |
| PRESS | 224.528 | 163.803 | 181.306 | 111.303 | 4.729 | 587.738 |

P <0.001$^{***}$P <0.05,$^{**}$ P <0.01,$^{*}$A(Bagasse),B(Frying time),C(Gum) -$^{ns}$not significant,

زمان سرخ‌کردن اثر خطی مثبت و معنی‌داری بر فاکتور a* پوسته و اثر خطی منفی معنی‌داری بر فاکتور b* پوسته دارد (p<۰/۰۵). اثر درجه دوم فیبر باگاس نیشکر بر فراسنجه‌های L* و b* پوسته و a* مغز مثبت و معنی‌دار شد (p<۰/۰۵). همچنین اثرات درجه دوم زمان سرخ کردن و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا و اثرات متقابل هر سه فاکتور مستقل غیر معنی‌دار شد.

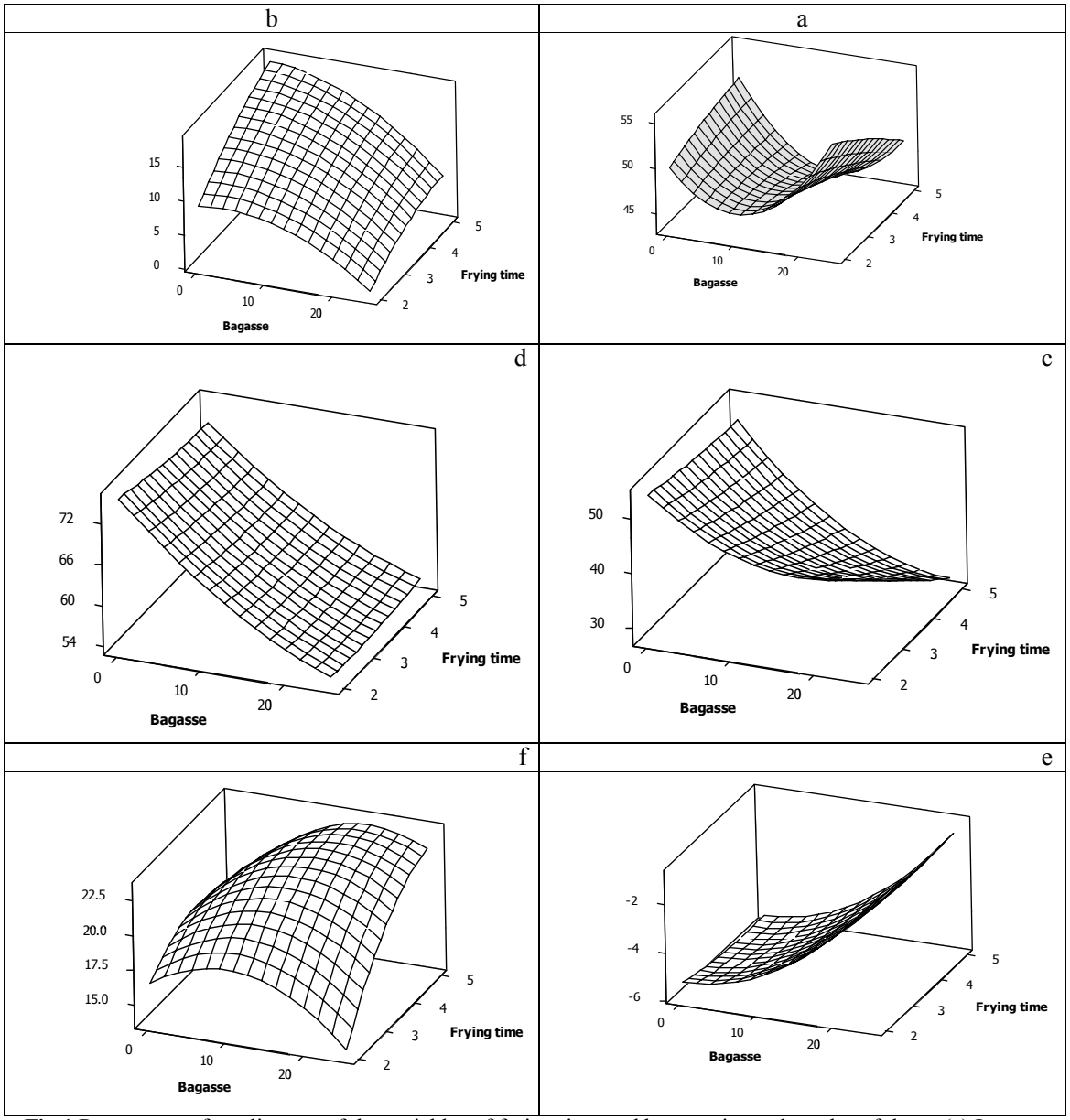


**Fig 1** Response surface diagram of the variables of frying time and bagasse in on the color of donut (a) L crust, (b) a crust, (c) b crust, (d) L crumb, (e) a crumb, (f) b crumb.

رنگ پوسته تحت تأثیر واکنش‌های مایلارد و کاراملیزاسیون قرار دارد. با حضور فیبرها به نسبت کمتری از آرد در فرمول استفاده می‌شود. همچنین تغییرات pH (فیبرها به عنوان بافر) و تغییرات مقدار آب زمینه تغییرات رنگ را فراهم می‌کند. افزودن سطوح بیشتر از ۱۵ درصد فیبرجو به کیک اسفنجی، سبب کاهش فاکتور L* و a* و افزایش فاکتور b* گردید[۱٤].

تغییرات رنگ در طی سرخ کردن هویج‌های پوشش داده شده با صمغ‌های گوار و زانتان نشان داد، این صمغ‌ها به دلیل توانایی بالا اتصال با آب از تبخیر رطوبت و واکنش مایلارد به طور معنی‌داری جلوگیری می‌کنند[۱۵]. نتایج بررسی اثر مدت زمان و توان مایکروویو و مدت زمان سرخ کردن بر دونات غنی‌شده با فیبر هویج نشان داد که افزایش مدت زمان سرخ

کردن سبب کاهش روشنایی پوسته و مغز، افزایش شاخص قرمزی و کاهش شاخص زردی می‌شود که با نتایج به دست آمده از این پژوهش در مورد شاخص a* و b* پوسته مطابقت داشت[۱۱]. همچنین افزایش پودر پالپ پرتقال به فرمول دونات تخمیری سبب کاهش شاخص روشنایی و افزایش مقدار زردی و قرمزی پوسته و مغز دونات شد. از سوی دیگر، در فرایند سرخ‌کردن در واقع با استفاده از دمای بالا زمینه وقوع واکنش‌های قهوه‌ای‌شدن غیرآنزیمی و کاراملی‌شدن فراهم می‌شود[۱۶]. علاوه بر این تفاوت رنگ‌تیمارها به درجهٔ از دست دادن رطوبت و جذب چربی نیز مربوط می‌شود. با این حال و ازآنجایی‌که محتوای رطوبت عامل کلیدی مؤثر در واکنش‌های مایلارد و کاراملی‌شدن است، از دست‌رفتن آن در طول سرخ‌کردن باعث تسریع انجام این واکنش‌ها می‌شود[۱۷].

## ۳-۲-ویژگی‌های مغز

آنالیز واریانس نتایج بررسی ویژگی‌های مغز دونات در جدول ۲، نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در این پژوهش برای تعداد سلول‌ها، میانگین مساحت سلول‌ها، دانسیته سلول‌ها و تخلخل بافت دونات معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) و آزمون عدم برازش آنها، غیر معنی‌دار شد. همچنین اثرخطی باگاس نیشکر و اثرات خطی و درجه دوم زمان سرخ‌کردن به ترتیب تاثیر منفی و مثبت معنی‌داری بر تخلخل بافت مغز داشته است ($p<۰/۰۵$).

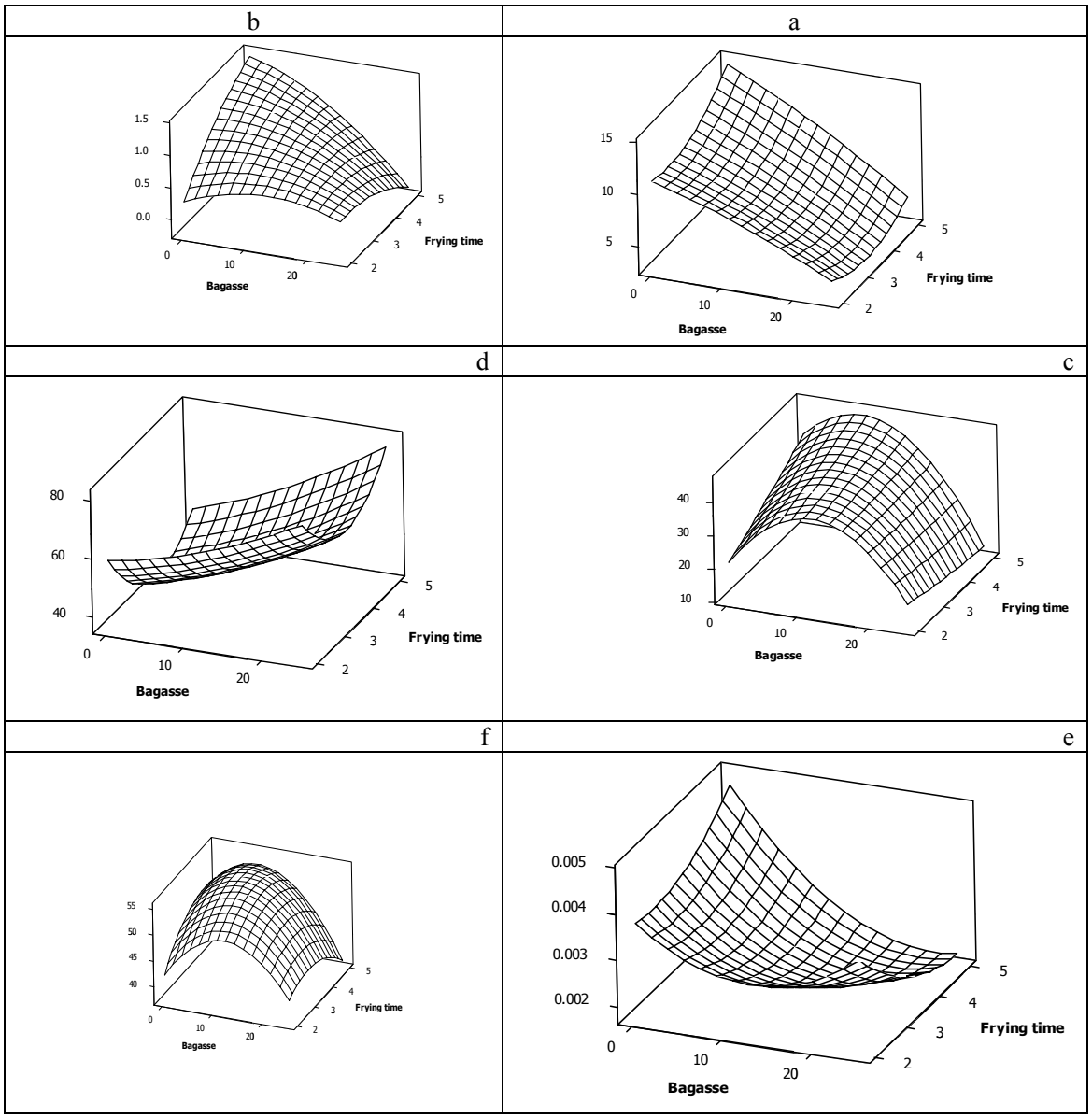


**Fig 2** Response surface diagram of the variables of frying time and bagasse fiber on the characteristics of donut core (a) porosity (b) cell density (c) number of cells (d) area of cell, (e) Energy, (f) Contrast.

به علاوه اثر خطی باگاس بر تعداد سلول‌ها مثبت و اثر درجه دوم آن منفی و معنی‌دار شد (p<۰/۰۵). اثر درجه دوم پلی‌ساکارید محلول در آب سویا بر تعداد سلول‌ها منفی و معنی‌دار و اثر متقابل زمان سرخ کردن و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا نیز مثبت و معنی‌دار شد (p<۰/۰۵). طبق نتایج، اثر خطی باگاس نیشکر بر میانگین مساحت سلول‌ها منفی و معنی‌دار و اثر متقابل آن و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا مثبت و معنی‌دار و همچنین اثر متقابل زمان سرخ‌کردن و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا منفی و معنی‌دار شد (p<۰/۰۵). نتایج این جدول همچنین نشان می‌دهد که اثر خطی باگاس نیشکر و اثر متقابل زمان سرخ کردن و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا بر دانسیته سلول‌ها معنی‌دار بوده است (p<۰/۰۵). هم‌چنین با افزایش زمان سرخ‌کردن، تخلخل و حجم نمونه‌ها کمتر و پوسته‌ی ضخیم‌تری ایجاد می‌گردد. علت آن را می‌توان به بیش از حد خشک شدن نمونه‌ها در زمان بالای سرخ‌کردن نسبت داد که با نتایج نقی‌پور و همکاران، هنگامی که نان‌ها را در دمای ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و طی ۳۰ و ۲۵ دقیقه پختند، مطابقت داشت[۱۸]. افزودن سبوس گندم به آرد گندم سفید، سبب شد سلول‌های کوچکتر و کروی‌تری تشکیل شود ودر نتیجه دانسیته سلولی افزایش یابد[۱۹]. به نظر می‌رسد افزودن فیبر باگاس نیشکر سبب ضخیم‌تر شدن دیواره سلول‌های گاز و کاهش هوای محبوس در خمیر و متعاقب آن کاهش حجم و افزایش سفتی مغز فرآورده می‌شود. هم‌چنین پلی‌ساکارید محلول سویا مشابه هیدروکلوئیدهایی مانند کاپاکاراگینان، هیدروکسی متیل سلولز و زانتان، به دلیل حضور گروه¬های هیدروکسیل در ساختار آن، سبب افزایش حجم مخصوص و ظرفیت نگهداری آب و کاهش سفتی می شود [۱۲].

## ۳-۳-ویژگی‌های سطح

بررسی نتایج آنالیز واریانس در جدول ۲ نشان می‌دهد که مدل‌های درجه دوم برازش شده برای توصیف‌گرهای بافتی، غیرمعنی‌دار(p>۰/۰۵) بود. همچنین شاخص عدم برازش آنها نیز غیر معنی‌دار( p>۰/۰۵) بود. در این پژوهش فیبر باگاس نیشکر تأثیر خطی منفی معنی‌داری (p<۰/۰۵) بر شاخص انرژی و تأثیر مثبت معنی‌داری (p<۰/۰۵) بر همگنی تصویر داشت.هم‌چنین پلی‌ساکارید محلول در آب سویا دارای اثر درجه دوم مثبت معنی‌داری (p<۰/۰۵) بر همگنی نمونه‌ها بود. این در حالی است که تأثیر زمان سرخ‌کردن بر توصیف‌گرهای بافتی غیر معنی‌دار (p>۰/۰۵) شد. با افزایش درصد فیبر باگاس نیشکر، انرژی کاهش و در مقابل تباین و آنتروپی افزایش یافته است که دارای اثر مشابه افزودن پودرپالپرتقالبر دونات تخمیری بود [۱۶]. افزایش تباین به علت سخت و سفت شدن بافت به دلیل حضور فیبرها رخ می‌دهد که این تغییرات نشان دهنده‌ی تأثیر افزودن این متغیر بر زبرتر شدن سطح نمونه‌ها بود. با این حال، جایگزینی آرد گندم با آرد سویا تأثیر معنی‌داری بر تباین، انرژی و همگنی تصویر نان‌ها نداشت [۲۰]. کاهش گرانروی خمیر که در پی افزایش محتوی رطوبت آن رخ می‌دهد می‌تواند سبب تسهیل خروج حباب‌های هوا طی فرآیند پخت شود. از این‌رو با افزایش محتوی آب در فرمول، رطوبت خمیر افزایش و گرانروی آن کاهش می‌یابد که متعاقب آن طی پخت حباب‌های هوای بیشتری از سطح ماده خارج می‌شود[۲۱]. بنابر این زبرتر شدن سطح نمونه‌ها را می‌توان ناشی از خروج بیشتر حباب‌های هوا از سطح نمونه‌ها دانست. افزودن فیبرهای غیر محلول سبب کاهش غلظت پروتئین‌های گلوتن و تضعیف شبکه گلوتن-نشاسته می‌شود و با تضعیف ساختار خمیر خروج هوا از طریق سطح تسهیل می‌شود [۲۲].

**Table 2** Analysis of variance and regression coefficients of the responses of crumb and surface tissue characteristics of samples enriched with sugarcane bagasse

| Source | Count | Average size | Density | Porosity | Energy | Contrast | Homogeneity | Entropy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0β | 35.430 | 95.398 | -0.291 | 15.646 | 0.004 | 30.938 | 0.501 | 5.977 |
| A | 3.213*** | -2.004* | 0.123** | -0.116*** | -1.593* | 1.514 ns | 0.002* | 0.017 ns |
| B | - 5.590 ns | - 31.682 ns | 0.388 ns | -3.684** | - 9.380 ns | 9.782 ns | -ns0.075 | 0.067 ns |
| C | - 7.281 ns | 32.722 ns | - 0.641 ns | - 0.269 ns | - 6.176 ns | - 4.691 ns | - 0.126 ns | 0.207 ns |
| AB | -0.120*** | 0.018 ns | - 0.001 ns | - 0.003 ns | 5.815 ns | - 0.056 ns | 3.921 ns | - 0.001 ns |
| AC | 0.265 ns | 6.955 ns | - 0.071 ns | 0.688** | 0.000 ns | - 1.499 ns | 0.008 ns | - 0.013 ns |
| BC | -14.903*** | 6.815 ns | - 0.331 ns | 0.098 ns | 0.000 ns | - 4.314 ns | 0.055* | - 0.231 ns |
| $A^2$ | - 0.282 ns | 0.119 ns | - 0.022 ns | - 0.042 ns | - 3.771 ns | - 0.148 ns | - 0.001 ns | 0.008 ns |
| $B^2$ | 0.197 ns | 2.223* | -0.035 ns | 0.004 ns | - 5.656 ns | - 0.238 ns | - 0.003 ns | 0.014 ns |
| $C^2$ | 9.192** | -20.590* | 0.510* | 0.087 ns | - 2.372 ns | 0.177 ns | 0.020 ns | 0.005 ns |
| Model | 0.000*** | 0.034* | 0.025* | 0.000*** | 0.149 ns | 3.195 ns | 0.093 ns | 0.246 ns |
| Lack of fit | 0.386 ns | 0.321 ns | 0.102 ns | 0.755 ns | 0.069 ns | 0.896 ns | 0.152 ns | 0.349 ns |
| $R^2$ | 94.68 | 75.55 | 77.16 | 96.46 | 64.18 | 46.61 | 68.44 | 58.53 |
| Adj-$R^2$ | 98.90 | 53.55 | 56.80 | 93.28 | 31.95 | 0.000 | 40.04 | 21.21 |
| CV (%) | 28.55 | 27.59 | 55.83 | 29.03 | 29.68 | 10.68 | 12.10 | 3.37 |
| PRESS | 451.495 | 5851.04 | 4.358 | 12.612 | 0.000 | 862.900 | 0.052 | 1.954 |

A(Bagas),B(Frying time),C(Gum) -nsnot significant,*P <0.05,** P <0.01,*** P <0.001

## ٤- نتیجه‌گیری

بررسی کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد کـه افـزایش فیبـر باگاس نیشکر سبب افزایش شاخص a* پوسته و مغز وکـاهش مؤلفه L* و b* پوسته و مغز و تخلخل می‌شود. افزایش دمای سرخ‌کردن سبب افزایش شاخص a* پوسته و مؤلفه L* پوسـته و تخلخل می‌شود. این در حالی است که پلی‌سـاکارید محلـول در آب سویا تأثیر معنی‌داری بر این فراسنجه‌ها نداشت. بیـشتر مـدل‌هـای پیـشنهادی در ایـن پـژوهش از $R^2$ و $R^2$(Adj) متناسب و معنی‌داری برخوردار بودند. هم‌چنین آزمون ضـعف برازش برای بیشتر پاسخ‌ها بی‌معنی و ضریب تغییرات آن‌ها نیز مناسب بود.بهینه‌یابی بر اسـاس شـاخص‌هـای روشـنایی مغـز، قرمزی پوسته، تعداد سلول و میانگین مساحت سلول، دانـسیته و تخلخل انجام شد. بر این اسـاس تیمـار دارای ۸/۵۸ درصـد باگاس نیشکر، ۰/۳٦ درصد پلی ساکارید محلول سویا که طـی ۵ دقیقه سرخ شد، بهترین کیفیت را بـا مطلوبیـت (D= ۰/۸٤) داشت. در این شـرایط مقـدار روشـنایی مغـز ٦۵/۳٤، قرمـزی پوسته ۱۷/۱۵، تعـداد سـلول۳۳/۳۵، میـانگین مـساحت سـلول ۸۲/٤۷، دانسیته ۰/۳٦ و تخلخل ۱۱/٤۹ پیش‌بینی شد.

## ۵- منابع


[1] Pinthus, E. J., Weinberg, P.&. Saguy, I. S. (1993). Criterion for oil uptake during deep-fat frying. Journal of Food Science, 58(1), 204–205 .

[2] Shih, F. F., Daigle, K. W.,& Clawson, E. L. (2001). Development of low oil ‐ uptake donuts. Journal of Food science, 66(1),141-144 .

[3] Dueik, V., Sobukola, O.,& Bouchon, P. (2014). Development of low-fat gluten and starch fried matrices with high fiber content,LWT-Food Science and Technology, 59(1),6-11 .

[4] Kaczmarczyk, M. M., Miller, M. J.,& Freund, G. G. (2012), The health benefits of dietary fiber, beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. Metabolism, 61(8),1058–66 .

[5] Vallejos, M. E., Chade, M., Mereles, E. B., Bengoechea, D. I., Brizuela, J. G., & Felissia, F. E. (2016). Strategies of detoxification and fermentation for biotechnological production of xylitol from sugarcane bagasse. Industrial Crops and Products,91,161–169 .

[6] Benjamin, Y., Cheng, H.,& Görgens, J. F.,(2013). Evaluation of bagasse from different varieties of sugarcane by dilute acid pretreatment and enzymatic hydrolysis. Industrial Crops and Products51,7–18 .

[7] Capecchi, L., Galbe, M., Barbanti, L.,& Wallberg, O. (2015). Combined ethanol and methane production using steam pretreated sugarcane bagasse. Industrial Crops and Products,74,255–262 .

[8] Ray, M.,& Rousseau, D. (2013). Stabilization of oil-in-water emulsions using mixtures of denatured soy whey proteins and

soluble soybean polysaccharides. Food Research Inernationalt, 52(1),298–307 .

[9].Naji-Tabasi, S.,& Mohebbi, M. (2015). Evaluation of cress seed gum and xanthan gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing. Journal of Food Measurement and Characterization, 9(1),110–119 .

[10] Nematinia, E., Abdanan Mehdizadeh, S., Nasehi, B.(2018). Meaurment Spaghetti colors parameters using machine visionsystem. Food Science and Technology Journal, 72(14), 71-81.

[11].Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V.,& Mehdizadeh, S. A. (2017). Effect of microwave pre-treatment on physico-chemical properties of donut containing Persian gum and carrot pomace powder sources of dietary fiber. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 13(2), 227- 239 .

[12].Darapoor, M., Nasehi, B., Barzegar, H., Joyandeh, H. (2020). Optimization of the Formula and Process of Donut Enriched with Bagasse, Iranian Food Science and Technology Research Journal, 15( 5). 635-647

[13].Khoshakhlagh, K., Mohebbi, M.,& Khalilian Movahhed, M. (2016). The Effect of Initial Cooking and Shelf Life Time on the Qualitative Characteristics of Half-Baked Bread Using Image Processing. Research and Innovation in Food Science and Technology, 5(3), 265-278 .

[14].Majzoobi, M., Habibi, M., Hedayati, S., Ghiasi, F & Farahnaky, A. (2018). Effects of commercial oat fiber on characteristics of batter and sponge cake. Journal of Agricultural Science and Technology 17,99–107 .

[15].Akdeniz, N., Sahin, S.,& Sumnu, G. (2006). Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices, Journal of food engineering, 75(4),522–6 .

[16] Yousefi, A., Nasehi, B., Barzegar, H. (2018). The Optimization of Characteristics of Donut Enriched with Orange Pulp Powder.Research and Innovation in Food Science and Technology, 7(3), 297-308 .

[17] Turabi, E., Sumnu, G.,& Sahin, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. Food Hydrocoll, 22(2),305–312 .

[18] Naghipour, F., Sahraeian, B.,& Sheikh al-Salami, Z. (2001). Investigation of chemical composition and physicochemical properties of Iranian rice bran, Innovation in food science and technology, 4(3): 6-9.

[19] Robin, F., Dubois, C., Pineau, N., Schuchmann, H. P.,& Palzer, S. (2011). Expansion mechanism of extruded foams supplemented with wheat bran, Journal of food engineering,107(1),80–89 .

[20].Shahidi, F., Mohebbi, M., & Ehtiai, A. (2011). Image analysis of crumb digital images in Barbary bread enriched with soy flour, Iranian Food Science and Technology Research Journal, 6(4), 247-253.

[21].Ktenioudaki, A.,& Gallagher, E. (2012). Recent advances in the development of high-fibre baked products, Trends in Food Science & Technology,28(1),4–14.

[22].shokrolahi, F., Taghi zadeh, M., Kocheki, A.,& Hadad Khoda parast, M. H. (2015). Investigation of physicochemical properties of crust and core dietary fiber from date seed,Journal of food science and technology, 12(48),153-161 .

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

# The effect of sugarcane bagasse and soy water-soluble polysaccharide on the image characteristics of donuts

**Darapoor, M. [1], Nasehi, B. [2*], Barzegar, H. [3], Joyandeh, H. [3]**

1. M.s graduated of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.
2. Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University (PNU), Iran.
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources.

**ARTICLE INFO**

**Article History:**

Received 2022/ 06/ 01
Accepted 2023/ 03/ 13

**Keywords:**

Fiber,
Sugarcane,
Donut,
Image processing.

**DOI: 10.22034/FSCT.19.132.379**
**DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.132.31.4**

*Corresponding Author E-Mail:
Nasehi.b@pnu.ac.ir

**ABSTRACT**

In recent years, the non-destructive and fast method of image processing has been successfully used for quantitative and qualitative evaluation of the characteristics of food products. In this study, the effect of sugarcane bagasse as a source of fiber enrichment (0-25%), soybean water-soluble polysaccharide (0-2%) and frying time (2-5 minutes) on the image characteristics of donuts such as color, number , density and size of bubbles, porosity, energy, homogeneity, contrast and entropy were investigated. The findings of this research showed that the increase of sugarcane bagasse fiber increases the a* index and decreases the L* and b* components of the crust and crumb and porosity. On the other hand, increasing the frying temperature increases the redness of the crust and decreases the lightness of the crust and the porosity of the texture. Meanwhile, the polysaccharide soluble in soybean water had no significant effect on the characteristics of the treatments. The optimization results also showed that if 8.58% sugarcane bagasse and 0.36% soybean soluble polysaccharide are added to the formula and the sample is fried within 5 minutes, the best quality will be obtained.