تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۷/ شماره ٦٤/ بهار و تابستان ۱۳۹۷/ص٥٦-٤١

بررسی پایداری اکسیداتیو دونات حاوی اسید آسکوربیک و عصاره چای سبز طی دوره نگهداری با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)

فاطمه پورحاجی[1] و بهاره صحرائیان[1]*

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۲۰

چکیده

در این مطالعه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دونات سرخ‌شده طی دوره نگهداری ۷ روزه تحت تأثیر افزودن عصاره چای سبز (۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) و اسید آسکوربیک (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام) با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده وابستگی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی به غلظت‌های تحت بررسی اسید آسکوربیک و عصاره چای سبز، به عنوان جایگزین‌های آنتی‌اکسیدانی در محصول بود. هر یک از این ترکیبات در غلظت‌های پایین اثر پروکسیدانی و با افزایش غلظت اثر آنتی‌اکسیدانی از خود نشان داده‌است. اسید آسکوربیک در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام به‌عنوان پروکسیدان موجب تأثیرگذاری بر ویژگی‌های بافتی و ظاهری شده و در غلظت ۱۵۰ پی‌پی‌ام اثر آنتی‌اکسیدانی ضعیفی از خود نشان داده‌است. عصاره چای سبز (با در نظر گرفتن تأثیرگذاری بیشتر ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی در غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام) روند مشابه با اسید آسکوربیک نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

دونات سرخ شده، ماندگاری، ویتامین C، ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی

مقدمه

امروزه استفاده از میان وعده‌های غذایی جایگاهی ویژه در سبد تغذیه‌ای خانواده‌ها دارد که با افزایش تقاضا در بازار مصرف، توجه به ارزش ویژگی‌های تغذیه‌ای و بافتی آن‌ها دارای اهمیت زیادی است. در این میان، دونات یک میان وعده پرطرفدار است. (Zolfaghari *et al.*, 2013). ویژگی‌های حسی مطلوب در دونات درنتیجه فرآیند سرخ کردن با ایجاد پوسته ترد بارنگ قهوه‌ای روشن و بخش داخلی با بافتی متخلخل و نرم حاصل از ژلاتیناسیون نشاسته ایجاد می‌گردد (Rehman *et al.*, 2007). بر مبنای فرمولاسیون به‌کاربرده شده در تهیه خمیر دونات و همچنین نوع فرآیند سرخ کردن، ۱۶ تا ۲۰ گرم جذب روغن بر اساس گرم ماده اولیه در بافت صورت می‌گیرد (Garcia *et al.*, 2004). با توجه به جذب بالای روغن‌های غیراشباع و همچنین قرارگیری درصد بالای آن در پوسته، محصول مستعد کاهش کیفیت (ایجاد بدطعمی و تغییرات نامطلوب در ویژگی‌های ظاهری محصول) و تغذیه‌ای (کاهش اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌های محلول در چربی و تولید ترکیبات سمی) طی دوره نگهداری درنتیجه فساد اکسیداتیو است (Pezzuto & Park, 2002). تأثیر مستقیم فساد اکسیداتیو بر کاهش ویژگی‌های کیفی محصول از یک‌سو و از سوی دیگر تأثیرات جانبی آن درنتیجه تولید محصولات فرعی حاصل از اکسیداسیون چربی‌ها باعث کاهش ارزش تغذیه‌ای و کیفیت محصول

نگارنده مسئول: Baharehsahraiyan@yahoo.com
© 2018,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

می‌شود. بنابراین، کنترل اکسیداسیون چربی در محصول طی دوره‌ای طولانی‌تر، موجب بهبود شاخص‌های کیفی و ارزش تغذیه‌ای مطلوب می‌شود. به‌صورت تجاری از دو آنتی‌اکسیدان بوتیلات هیدروکسی آنیزول[1] و بوتیلات هیدروکسی تولوئن[2] به‌طور گسترده برای کنترل فرآیند تخریب چربی و روغن‌ها در فرآورده‌های غذایی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود. این ترکیبات سنتزی تأثیرات مطلوب در جهت کنترل فرآیند اکسیداسیون دارند اما بر پایه تحقیقات، تأثیرات منفی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی بر سلامت مصرف‌کننده‌ها را نشان داده‌اند (Goodman *et al.*, 1990; Botterweck *et al.*, 2000). ازاین‌رو، توجه به ترکیبات طبیعی به‌عنوان جایگزین و کاهش استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی موردتوجه محققان قرار دارد (Moure *et al.*, 2001; Shahidi, 1997; Frankel, 1993). ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و سلامت‌زائی توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها و اسید آسکوربیک شناخته‌شده و نتایج تحقیقات بسیاری در این خصوص منتشر شده است (Pavia *et al*., 1999; Gardner *et al.*, 2000; Zhu *et al.*, 2001; Pantelidis *et al.*, 2007). تأثیرات هم‌افزایی[3] این ترکیبات در خارج ماده غذایی و درنتیجه حضور در ماده غذایی مطالعه شده و اثرهای مثبت آن به اثبات رسیده است (Miller *et al.*, 1997; Yen *et al.*, 2002). در میان ترکیبات طبیعی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنولیک با توجه به ویژگی‌های مطلوب در جهت کنترل فرآیند اکسیداتیو در چربی و روغن‌ها و ویژگی‌های سلامت‌زایی برای کاربرد آن‌ها در مواد غذایی مورد توجه است (Dimitrios., 2006). در بین منابع فنولیک، چای سبز با دارا بودن کاتچین‌ها[4] (اپی گالاکوکاتچین گالات[5] و اپی کاتچین گالات[6]) منبعی بسیار مناسبی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شناخته می‌شود (Peres *et al.*, 2011). ازاین‌رو، با توجه به ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات و اثر هم‌افزایی آن‌ها بر یکدیگر به‌عنوان گزینه‌های جایگزین آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در مواد غذایی موردتوجه هستند (Dai *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2010). علاوه بر ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، افزودن این ترکیبات به ماده غذایی موجب بهبود شاخص‌های کیفی محصول نیز می‌شود (Dagdelen *et al.*, 2007).

روش تحلیل مؤلفه اصلی، یکی از روش‌های تحلیل چند متغیره، در تحقیقات کاربردی برای ارزیابی تغییرات در زیر لایه‌های داده‌ها استفاده‌های فراوان دارد. به‌صورت معمول این روش به دو منظور استفاده می‌شود، یکی برای کاهش ابعاد داده‌ها (حجم بالا و حضور اطلاعات غیر مرتبط در مجموعه داده‌ها) با استخراج اطلاعات بر پایه وابستگی مقداری متغیرها و دیگری برای روابط هم‌زمانی پارامترها با اجتناب از ایجاد پدیده هم خطی. در پژوهش پیش رو، از این روش برای بررسی تغییرات میان پارامترهای کیفی دونات تحت تأثیر تغییرات در سطوح و نوع افزودنی اضافه‌شده و تأثیر آن بر رابطه میان ویژگی‌های کیفی در دوره نگهداری بر پایه نمایش داده‌ها در مجموعه‌ای از متغیرهای متعامد استفاده شده است که به‌عنوان مؤلفه اصلی شناخته می‌شود. الگوی توزیع این متغیرها در فضای نقشه نمایش داده‌شده، نمایانگر رابطه تغییرات میان این پارامترها و مشابهت در الگوی تغییرات است (Jackson, 2005; Jolliffe, 2002; Saporta *et al*., 2009). از این رو، بر مبنای کاربرد این روش می‌توان تغییرات توأم صورت گرفته روی پارامترها را در فضای مؤلفه اصلی به‌صورت سیستماتیک تحت تأثیر افزودن عصاره چای سبز و اسید آسکوربیک بررسی و اطلاعات مفیدی برای شناخت بهتر تغییرات در زیر لایه‌های داده‌ها به‌دست آورد. در زمینه استفاده از تکنیک تحلیل مؤلفه‌های اصلی در صنایع غذایی مطالعاتی شده است.

علیزاده بهبهانی و همکاران (Alizadeh behbahani, 2017) برای ارزیابی تأثیر تیمارهای اعمالی بر بهبود ماندگاری گوشت گوساله و ارزیابی روابط میان ویژگی‌های

1-BHA
2-BHT
3-Synergy
4-Catechin
5-EGCG
6-ECG

اندازه‌گیری شده در دوره نگهداری، از روش تحلیل مؤلفه اصلی استفاده کردند. بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده، کاربرد روش تحلیل چند متغییره روابط زیر لایه تغییرات گوشت دارای پوشش ضدمیکروبی وابسته به زمان نگهداری و روابط میان پارامترهای موردمطالعه را به‌خوبی نشان داد. حبیبی نجفی و همکاران (Habbibi Najafi, 2016) کاربرد روش تحلیل مؤلفه اصلی را بر روابط تأثیر خمیرترش بر نان حاوی آرد هسته خرما بررسی کردند. در این پژوهش، رابطه میان اسیدیته خمیرترش، کیفیت نان، ماندگاری، پارامترهای تصویری استخراجی از نان، و ویژگی‌های حسی ارزیابی‌شده توسط داوران چشایی بررسی شده است. بر مبنای موقعیت قرارگیری هر یک از پارامترها در فضای نقشه، امکان ارزیابی و تأثیرپذیری هر یک از پارامترها با پارامتر دیگر فراهم شد.

پورفرزاد و همکاران (Pourfarzad, 2014) با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی، روابط میان ویژگی‌های فروکتان استخراجی از سریش را بررسی کردند. بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، روش تحلیل مؤلفه اصلی به‌خوبی روابط میان ویژگی‌های خلوص استخراج، قندهای کاهنده، بازده استخراج و طول زنجیره پلیمری با میزان فروکتان نشان داده‌است. از این رو با استفاده از نقشه توزیع پارامترها در فضای تحلیل مؤلفه اصلی می‌توان به درکی مناسب از روابط میان پارامترهای تأثیرگذار در بهینه‌سازی فرآیند استخراج رسید.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی و عصاره‌گیری از چای سبز

برگ‌های چای سبز ابتدا با آب تمیز شد و پس از آسیاب شدن، به منظور یکنواختی اندازه ذرات، دو بار الک (0.425 میلیمتر) شد. ذرات تهیه شده به نسبت ۱ به ۳۵ با آب مخلوط شدند و عصاره‌گیری در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با سرعت ۷۰ دور در دقیقه دنبال شد. سوسپانسیون تهیه‌شده با استفاده از کاغذ واتمن[1] گرید ۴۴ سایز ۱۲/۵ سانتی‌متر صاف و با یک تغلیظ کننده دوار تحت خلأ آزمایشگاهی با فشار حدود ۷۶۰ میلی‌متر جیوه (مدل Strike 202، ساخت ایتالیا) با سرعت ۶۶ دور در دقیقه، دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۳ دقیقه تا رسیدن به بریکس ۴۰ تغلیظ شد و سپس در آون تحت خلأ (مدل VO 400، ساخت آلمان) در دمای کمتر از ۴۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به رطوبت ۴ درصد (بر پایه خشک) خشک گردید. پودر چای سبز در ظروف شیشه‌ای دربسته تا زمان آغاز آزمایش‌ها نگهداری شد.

تهیه خمیر دونات

آرد سفید (با درجه استخراج ۷۷ درصد) از کارخانه گلمکان (مشهد،ایران)، مخمر خشک فعال (*ساکارومایسس سرویزیه*) از کارخانه رضوی (مشهد،ایران)، بهبوددهنده از شرکت صنایع غذایی دلسا بانام تجاری پویش (مشهد،ایران)، روغن مایع از کارخانه نرگس شیراز (شیراز،ایران) و سایر مواد شامل شکر، نمک و وانیل از شرکت‌های معتبر تهیه گردید. این مواد اولیه به همراه عصاره چای سبز و اسید آسکوربیک به ترتیب در چهار سطح ۰، ۱۰۰، ۱۵۰و ۲۰۰ پی‌پی‌ام و ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام استفاده شدند. مواد تشکیل‌دهنده خمیر و روغن فاقد آنتی‌اکسیدان سنتزی به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه مخلوط شدند و پس از مرحله تخمیر اولیه، خمیر به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ درصد (گرمخانه مدل LGH220، ساخت ایران) به‌صورت دستی با ضخامت یک سانتی‌متر پهن شد و با قالب از جنس استیل قالب زنی شد که قطر داخلی و خارجی آن به ترتیب ۲/۵ و ۶ سانتی‌متر بود. مرحله تخمیر نهایی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ درصد طی شد و بعد از آن نمونه‌ها (۱۶ تیمار با ۳ تکرار و در مجموع آن ۴۸ نمونه) در سرخ‌کن به

1- Whatman filter

مدت ۴ دقیقه با دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس سرخ شدند که مخزن آن با ۱/۵ لیتر روغن پر و به منظور تثبیت و پایدار شدن دمای روغن، ۱ ساعت قبل از شروع سرخ کردن روشن شده بود. نمونه‌های تولیدی پس از سرد شدن در دمای محیط (۲۰ درجه سلسیوس) به مدت ۳۰ دقیقه در پوششی از جنس پلی‌اتیلن بسته‌بندی و نگهداری شدند (Zolfaghari *et al.* 2013).

یادآوری می‌شود روغن سطحی دونات پس از سرخ کردن و قبل از سرد شدن با استفاده از کاغذ جاذب جدا شد. نمونه شاهد با استفاده از روغن مایع تجاری (حاوی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی شامل بوتیلات هیدروکسی آنیزول و بوتیلات هیدروکسی تولوئن) تهیه شد.

شاخص پراکسید

شاخص پراکسید با استفاده از روش شانتاها و همکاران (Shantaha, 1994) محاسبه شد.

شاخص‌های رنگی پوسته و بافت داخلی دونات

رنگ پوسته و مغز با تعیین سه شاخص L^*، a^* و b^* آنالیز شد. برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از پوسته و مغز دونات با استفاده از چاقو اره‌ای برقی ۱۲۰ وات مدل ۴۱۶۰۰ تهیه و با اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد. تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد (Sun, 2008).

تخلخل

برای ارزیابی میزان تخلخل مغز دونات، از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور، برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز دونات با استفاده از چاقو اره‌ای برقی ۱۲۰ وات مدل ۴۱۶۰۰ تهیه و با اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد. تصویر تهیه‌شده در اختیار نرم‌افزار Image J[1] (ساخت مؤسسه ملی بهداشت[2]، ایالات‌متحده آمریکا) قرار گرفت و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Barcenas & Rosell, 2006; Sabanis *et al.*, 2008; Naji-T abasi & Mohebbi, 2015).

رطوبت

جهت اجرای این آزمایش از استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۶-۴۴ استفاده شد. برای این منظور نمونه‌ها در آون (مارک Jeto Tech، مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) با دمای ۱۰۵-۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند.

فعالیت آبی

فعالیت آبی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آب (مدل Novasina ms1-aw, AXAIR Ltd، ساخت سوئیس) پس از پخت و رسیدن دمای نمونه‌ها به دمای محیط (۲۰ درجه سلسیوس) اندازه‌گیری شد (Sahraiyan *et al.* 2013).

حجم

از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا[3] مطابق با استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از دونات تهیه و حجم آن تعیین شد.

بافت

بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت سنج QTS مدل CNS Farnell, UK ساخت انگلستان و توسط آزمون فشردن بررسی شد. قطعات مکعبی یکسان با ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر از نمونه‌ها تحت‌فشار قرار داده‌شدند. قسمت نفوذکننده استوانه‌ای شکل از جنس آلومینیوم با قطر ۲۵ میلی‌متر و با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و پس از تماس با سطح نمونه، به‌اندازه ۷۵ درصد از ارتفاع اولیه نمونه را فشرده نمود (Seyhun *et al.*, 2003).

آزمون حسی

در آزمون حسی، ۱۰ داور از بین اعضای هیئت‌علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان

1-Image Processing and Analysis in Java
2-National Institutes of Health
3-Rape seed displacement

رضوی (مشهد،ایران) مطابق با آزمون مثلثی و روش گاکولا و سینگ (Gacula & Singh, 1984) انتخاب شدند. ویژگی‌های حسی دونات ازنظر فرم و شکل (شکل نامتقارن، پارگی یا از بین رفتن قسمتی از دونات، و وجود هرگونه حفره یا فضای داخلی)، ویژگی‌های سطح بالایی (سوختگی، غیرطبیعی بودن رنگ، چین و چروک و سطح غیرعادی)، ویژگی‌های سطح پایینی (سوختگی، چین‌وچروک و سطح غیرعادی)، پوکی و تخلخل (خلل و فرج غیرعادی، تراکم و فشردگی زیاد)، سفتی و نرمی بافت (خمیری بودن و یا نرمی غیرعادی، سفت بودن، تردی و شکنندگی)، قابلیت جویدن (خشک و سفت بودن، گلوله و خمیری بودن دردهان و چسبیدن به دندان‌ها) و بو و مزه (طعم تند و زننده، بوی خامی یا ترشیدگی و یا عطر طبیعی) ارزیابی شدند.

ویژگی‌های بررسی‌شده در ارزیابی حسی به یک اندازه مؤثر نیستند. بنابراین پس از بررسی منابع به هریک از ویژگی‌ها، ضریب رتبه‌ای داده شد. ضریب رتبه صفات، مطابق جدول (۱) لحاظ شد.

جدول ۱- ضریب رتبه صفات در آزمون حسی دونات

ویژگی دونات	ضریب رتبه
فرم و شکل	۴
خصوصیات سطح بالایی	۲
خصوصیات سطح پایینی	۱
پوکی و تخلخل	۲
سفتی و نرمی بافت	۲
قابلیت جویدن	۳
طعم (بو و مزه)	۳

ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود. با داشتن این معلومات، پذیرش کلی (عدد کیفیت دونات) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$\mathbf{Q} = \frac{\sum(\mathbf{P} \times \mathbf{G})}{\sum \mathbf{P}} \qquad (۱)$$

Q= پذیرش کلی (عدد کیفیت دونات)، P= ضریب رتبه صفات، و G= ضریب ارزیابی صفات.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

از عصاره چای سبز در چهار سطح ۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام و اسید آسکوربیک در چهار سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام) به‌صورت طرح کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل در تولید نمونه‌ها استفاده شد؛ بنابراین ۱۶ تیمار با ۳ تکرار و در مجموع آن ۴۸ نمونه، تهیه شد. برای به‌دست آوردن مؤلفه‌های اصلی و ارتباط بین ویژگی‌های دونات درنتیجه جایگزینی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی (عصاره چای سبز و اسید آسکوربیک) از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و لودینگ پلات (loading plot) بر مبنای مؤلفه اول و دوم استفاده شد که دربردارنده بیشترین مقدار واریانس‌های توضیحی (بیشترین درصد اطلاعات در مجموعه داده‌ها) است. نرم‌افزار مورداستفاده Minitab 17 بود.

نتایج و بحث

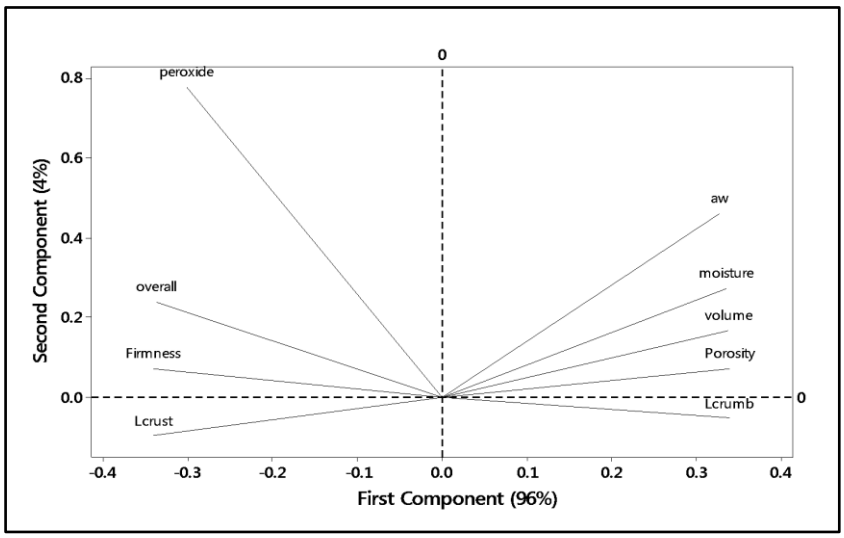
تحلیل روابط بین پارامترهای کمی و کیفی محصول در حضور آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی

نتایج تحلیل روابط بین ویژگی‌های کمی و کیفی دونات طی دوره نگهداری ۷ روزه در نمونه شاهد در شکل (۱)

مشاهده می‌شود. در این شکل شاخص پراکسید به‌عنوان شاخص پیشرفت فرآیند اکسیداسیون، رابطه‌ای مستقل از سایر پارامترهای کمی و کیفی مورد ارزیابی دارد. مستقل بودن این پارامتر نشان‌دهنده تأثیرناپذیری آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول در دوره نگهداری است. در خصوص روابط بین سایر ویژگی‌های کمی و کیفی می‌توان گفت که پذیرش کلی محصول دارای رابطه مثبت با میزان سفتی و روشنایی پوسته دونات است؛ یعنی پارامتر روشنایی پوسته به‌عنوان اولین خصوصیت بصری در مواجه با ارزیابی کیفی و میزان سفتی نمونه به‌عنوان شاخص بافت بیشترین تأثیر را بر ارزیاب‌های حسی جهت پذیرش کلی و امتیازدهی به محصول داشته‌اند. از سوی دیگر پارامترهای پذیرش کلی، روشنایی پوسته، و سفتی بافت رابطه‌ای منفی با میزان تخلخل، حجم، روشنایی قسمت داخلی محصول، سطح رطوبت و فعالیت آبی از خود نشان داده‌اند. در این میان، بیشترین تضاد بین حجم و رنگ پوسته و میزان سفتی و روشنایی قسمت داخلی دونات مشاهده شده‌است. رابطه متضاد بین تغییرات حجم و رنگ پوسته دونات در نتیجه به‌هم‌ریختگی شکل ظاهری و افزایش در تیرگی دوره نگهداری است. از سوی دیگر، در نتیجه فرآیند اکسیداسیون در محصول، میزان چربی‌های چند غیراشباعی افزایش پیدا می‌کنند. این افزایش علاوه بر کاهش روشنایی پوسته موجب کاهش حجم محصول درنتیجه تأثیر مخرب آن بر بافت می‌شود. پارامتر سفتی به‌عنوان شاخصی از میزان پیشرفت بیاتی در محصولات خمیری دارای رابطه‌ای با شدت بالا در جهت منفی با میزان روشنایی مغز دونات است. بیاتی درنتیجه ایجاد اتصالات میان زنجیره‌های آمیلوپکتینی و اتصالات عرضی بین گروهای سولفیت است. افزایش فعالیت اکسیداتیو موجب خارج شدن آب از ساختار و درنتیجه کاهش روشنایی مغز ژلاتینه شده دونات می‌گردد (Pourhaji & Sahraiyan, 2018).

تحلیل روابط مابین پارامترهای کمی و کیفی محصول با افزودن اسید آسکوربیک

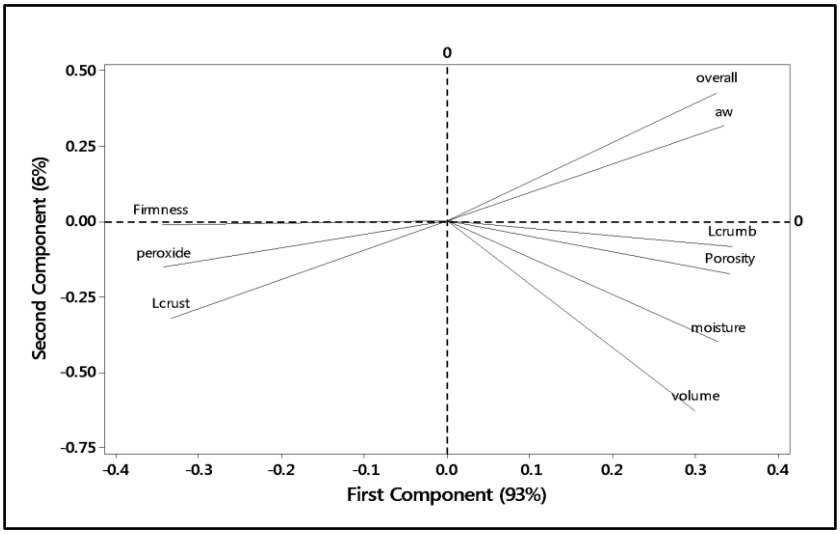
شکل (۲) تا (۴) تغییرات روابط میان پارامترهای کمی و کیفی دونات را در دوره نگهداری ۷ روزه در حضور اسید آسکوربیک نشان می‌دهند.



شکل ۱- روابط بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در نمونه شاهد

در شکل (۲) (سطح ۵۰ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک) مشاهده می‌شود که پارامترهای سفتی، شاخص پراکسید و روشنایی پوسته رابطه‌ای مثبت و همسو دارند اما با میزان تخلخل و روشنایی مغز محصول رابطه‌ای منفی نشان داده‌اند. شاخص پراکسید دارای رابطه‌ای منفی با شدت بالا با میزان فعالیت آبی است. بیشترین تأثیرگذاری بین پذیرش کلی محصول و روشنایی پوسته مشاهده می‌شود. علاوه بر این، نمونه حاوی ۵۰ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک، در مقایسه با نمونه شاهد، دارای رابطه‌ای مثبت بین پارامترهای سفتی و رنگ پوسته است. با در نظر گرفتن شاخص پراکسید برخلاف نمونه شاهد (رابطه مستقل از سایر پارامترهای کمی و کیفی)، در حضور اسید آسکوربیک رابطه در جهت مثبت با میزان سفتی و رنگ پوسته و رابطه در جهت متضاد با میزان فعالیت آبی محصول مشاهده می‌شود.

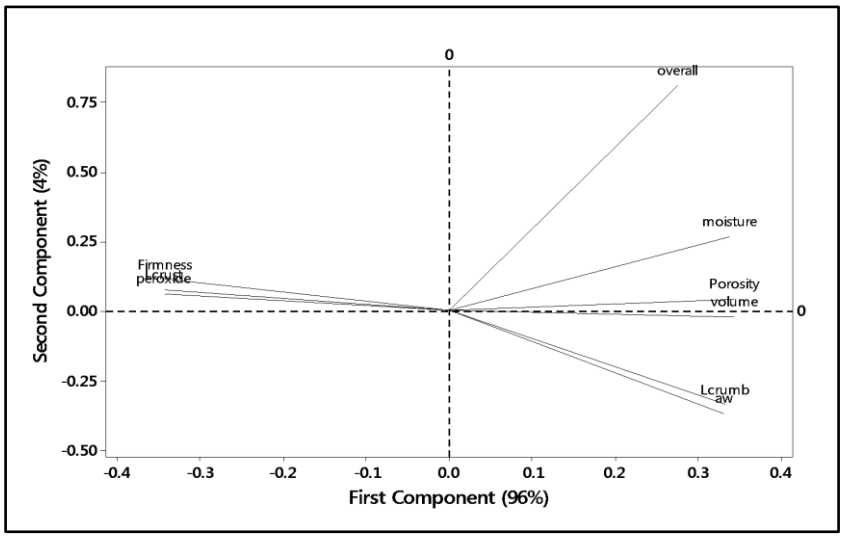
رابطه ایجادشده میان شاخص پراکسید و ویژگی‌های بافتی و ظاهری نمونه حاوی ۵۰ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک نشان‌دهنده تأثیرگذاری هر یک از سه پارامتر بر یکدیگر است. ازاین‌رو، با در نظر گرفتن موقعیت شاخص پراکسید در فضای تحلیل مؤلفه اصلی می‌توان تأثیرگذاری تغییرات اکسیداسیون بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول را بیان کرد. بر مبنای روابط به‌دست‌آمده در دوره نگهداری محصول، تغییرات فعالیت آبی بیشترین تأثیر را در جهت مخالف با شاخص پراکسید دارد. در واقع، با کاهش فعالیت آبی طی دوره نگهداری، فرآیند اکسیداتیو افزایش پیدا می‌کند. تغییرات فعالیت آبی دارای تأثیر دوگانه بر میزان اکسیداسیون است. فعالیت آبی از یک‌سو با افزایش سیالیت در محصول موجب سهولت انتقال رادیکال‌های آزاد در ماتریس ساختاری و افزایش فعالیت اکسیداتیو می‌گردد و از سوی دیگر نقش ممانعت کنندگی خود را با ایجاد اتصالات عرضی میان رادیکال‌های آزاد و به‌عنوان عامل دهنده پروتون جهت کاهش فعالیت تهاجمی رادیکال‌های آزاد محیط موجب کاهش تأثیر اکسیداتیو می‌شود (Karel, 1980).



شکل ۲- رابطه بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در حضور ۵۰ پی پی‌ام اسید آسکوربیک

شکل (۳) تغییرات روابط بین پارامترهای کیفی دونات را در حضور اسید آسکوربیک در سطح ۱۰۰ پی‌پی‌ام نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با افزایش سطح اسید آسکوربیک رابطه پارامترهای سفتی، شاخص پراکسید و روشنایی پوسته با شدت بالاتری ایجاد می‌گردد. پارامترهای فوق نیز با میزان تخلخل و حجم نمونه‌های

مـورد بررسـی طـی دوره نگهـداری ۷ روز دارای رابطـه‌ای غیرهمسوست. نتایج نشان می‌دهـد پارامترهـای روشـنایی مغز و میزان فعالیت آبی دارای رابطـه‌ای بـا شـدت بـالا در یک‌جهت هستند. از سوی دیگر، تغییرات بین پارامتر حجم و میزان تخلخل در نمونه تهیه‌شده در حضور ۵۰ پـی‌پـی‌ام اسید آسکوربیک، در مقایسه با نمونه تهیه‌شـده در حضـور ۵۰ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک، شدت بالاتری دارد. پـذیرش کلـی محصـول نیـز دارای رابطـه‌ای مسـتقل از سـایر پارامترهـای مـورد بررسـی اسـت. مسـتقل شـدن پـارامتر پذیرش کلی را می‌توان به افزایش شـدت رابطه بین سایر پارامترها به‌صورت گروهی نسبت داد. افزایش شدت رابطـه بین ویژگی‌های بافتی و ظاهری در غلظـت ۱۰۰ پـی‌پـی‌ام اسید آسکوربیک نشان‌دهنده تأثیرگذاری اکسیداتیو اسـید آسکوربیک با شدت بالاتری نسبت به غلظت ۵۰ پـی‌پـی‌ام اسـت. گفتنـی اسـت کـه افـزایش فعالیـت اکسـیداتیو در محصول با ایجاد اتصالات دی‌سولفیدی در شبکه پروتئینی و اتصالات میان زنجیره‌های آمیلـوپکتینی موجـب افـزایش سفتی می‌شود. افزایش روشنایی پوسـته دونـات بـه‌عنـوان بخش با درصد بالاتر روغن نشان‌دهنده تأثیرات اکسـیداتیو اسید آسکوربیک است.

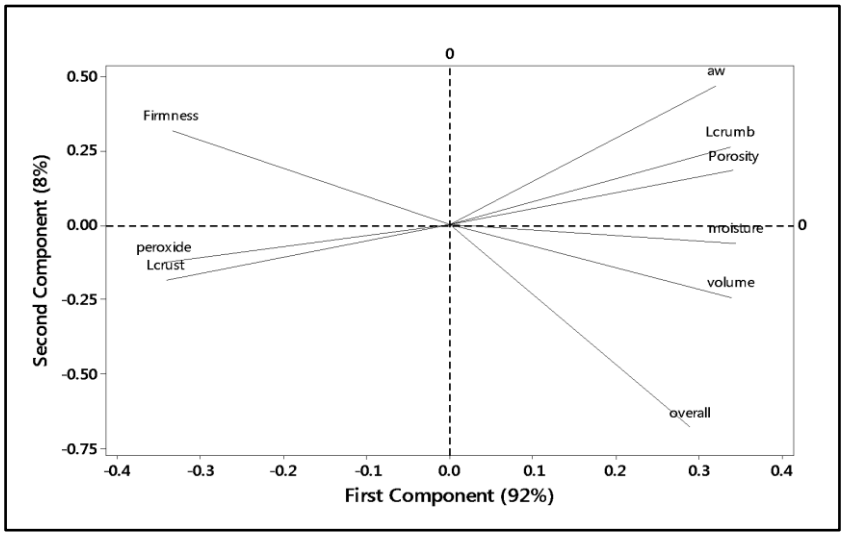


شکل ۳- رابطه بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در حضور ۱۰۰ پی پی‌ام اسید آسکوربیک

شکل (۴) نشان دهنده رابطه بین پارامترهای مورد بررسی در سطح ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسـید آسـکوربیک اسـت. مشـاهده می‌شود با افزایش سطح اسید آسکوربیک، شدت رابطه بین پارامترهای سفتی، شاخص پراکسید و روشنایی پوسـته در مقایسه با سطح ۱۰۰ پی‌پی‌ام از خـود کـاهش نشـان داده است. میزان سفتی محصول دارای رابطه غیرهمسو با حجم نمونه است. از سوی دیگر، پارامترهـای روشـنایی پوسـته و شاخص پراکسید رابطه‌ای غیرهمسـو بـا میـزان تخلخـل و روشنایی مغز دونات دارد. افزایش سطح اسـید آسـکوربیک به ۱۵۰ پی‌پی‌ام موجب ظاهر شـدن رابطـه‌ای مسـتقل بـا پارامتر سفتی در محصول گردیده‌اسـت. در مقایسـه بـا دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک، افزایش غلظت به ۱۵۰ پی‌پی‌ام تا حـدودی نشـان‌دهنـده مسـتقل شـدن شـاخص پراکسـید از ویژگـی‌هـای فیزیکوشـیمیایی اسـت. بیشترین تأثیر اسـید آسـکوربیک در محصـولات خمیـری مربوط به بهبود حجم و تخلخـل اسـت. اسـید آسـکوربیک درنتیجه فعالیـت اکسـیداتیو موجـب بهبـود اتصـالات دی سولفیدی در شبکه گلوتن و افزایش قابلیت نگهداری گاز و تولید محصولی با سـطح تخلخـل مناسـب مـی‌شـود. ایـن تغییرات موجب تأثیرگذاری بر مغز محصول و نتیجتاً تحت

تأثیر قرار گرفتن ویژگی‌های مکانیکی می‌شود. نتایج به دست‌آمده نشان می‌دهد رابطه میان میزان سفتی غیرهمسو با حجم، تخلخل و روشنایی مغز دونات است. رابطه مثبت پذیرش کلی با بافت درونی محصول (روشنایی مغز و تخلخل) و رابطه غیرهمسو با میزان سفتی بیانگر این موضوع است.

به‌صورت کلی اسید آسکوربیک در غلظت‌های پایین دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی ضعیفی است اما تأثیرات بهبوددهندگی آن بر ویژگی‌های بافتی محصولات خمیری به اثبات رسیده است. در بررسی‌های صورت گرفته در این قسمت نیز تأثیرات هر یک از سطوح اسید آسکوربیک بر شاخص پراکسید به‌عنوان شاخصی از فعالیت اکسیداتیو در نمونه‌های نگهداری شده در دوره زمانی مورد بررسی نشان‌دهنده رابطه آن با ساختار فیزیکی نمونه است. به عبارت دیگر، بر مبنای روابط بین پارامترها در فضای مؤلفه اصلی، افزودن اسید آسکوربیک به‌تنهایی در محصول موجب ظاهر شدن ویژگی‌های پرو اکسیدانی آن می‌شود که با تأثیرگذاری بر ویژگی‌های بافتی نمونه موجب تغییر در روابط و ایجاد وابستگی شاخص پراکسید به بافت نمونه خواهد شد. برخلاف آنچه در نمونه حاوی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مشاهده شده‌است، در حضور اسید آسکوربیک در تمامی غلظت‌های موردبررسی شاخص پراکسید به‌عنوان شاخصی از میزان پایداری اکسیداتیو محصول به ویژگی‌های بافتی و ظاهری نمونه وابستگی پیدا می‌کند. این وابستگی در جهت مثبت بیشترین شدت خود را در سطح ۱۰۰ پی‌پی‌ام و کمترین وابستگی را در غلظت ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک از خود نشان داده‌است. این نتایج نشان‌دهنده این واقعیت است که افزودن اسید آسکوربیک در سطوح پایین نقشی پراکسیدانی و افزایش غلظت به‌صورت ضعیفی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی به دونات در دوره زمانی ۷ روزه می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اصلی در این پژوهش با گزارش ین و همکاران (Yen *et al*., 2000) همخوانی دارد. این محققان در ارزیابی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و پراکسیدانی اسید آسکوربیک می‌گویند در غلظت‌های پایین اسید آسکوربیک خصوصیت پراکسیدانی آن غالب است و قدرت احیاکنندگی آن با افزایش غلظت ظاهر می‌شود.



شکل ٤- رابطه بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در حضور ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک

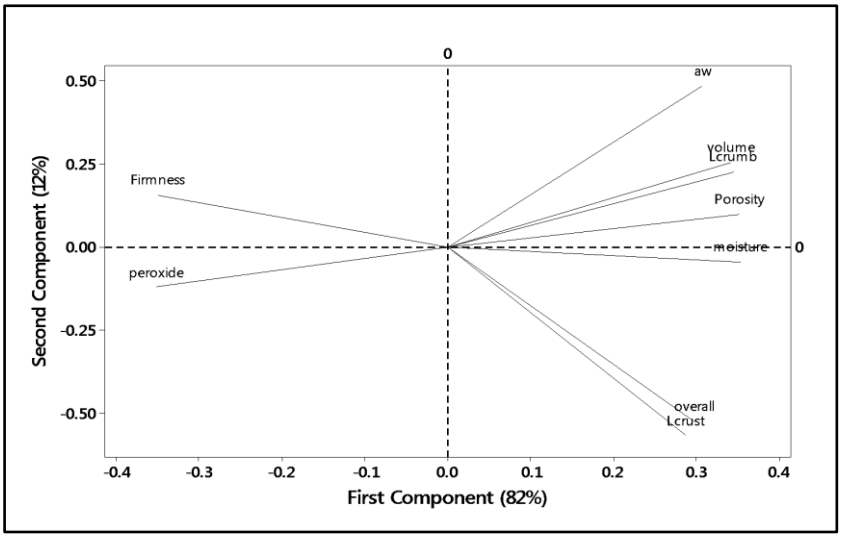
تحلیل روابط بین پارامترهای کمی و کیفی محصول در حضور عصاره چای سبز

عصاره چای سبز با دارا بودن ترکیبات فنولیک دارای تأثیرات آنتی‌اکسیدانی قوی است. عمده ترکیبات فنولیک شناخته‌شده در عصاره چای سبز اپی‌گالوکاتشین گالات[1]، اپی‌کاتشین گالات[2]، اپی‌گالوکاتشین[3] و اپی‌کاتشین[4] هستند که تأثیرات آنتی‌اکسیدانی قوی اثبات‌شده‌ای دارند (Higashi *et al.*, 2000; Zandi *et al.*, 1999). فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات ذکر شده مربوط به خصوصیت حذف رادیکال‌های آزاد[5] از محیط است که باعث ایجاد تأثیرات بیولوژیکی درون تنی اثبات‌شده‌ای در افزایش سلامتی بدن است (Sung *et al.*, 2000، Benzie *et al.*, 2000).

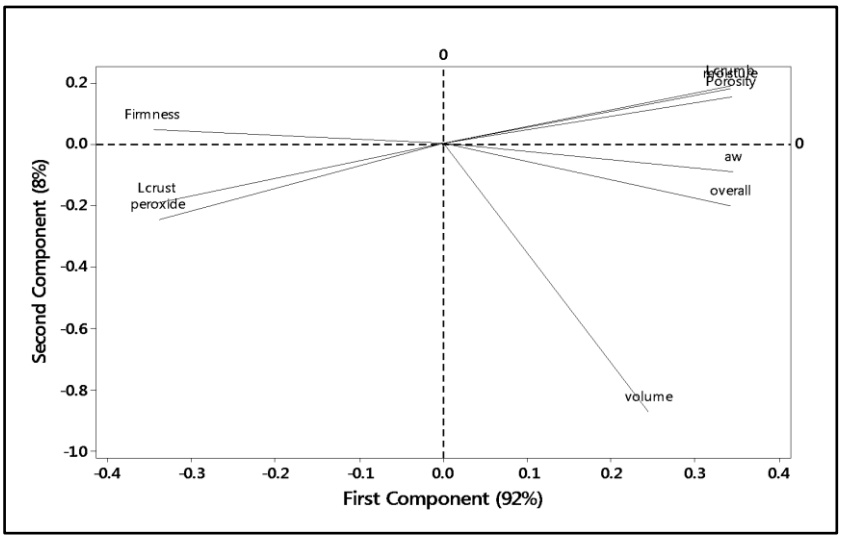
در خصوص تأثیر عصاره چای سبز در کاهش فعالیت اکسیداتیو و پایداری روغن‌ها تحقیقات فراوان است. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده تأثیر مشابه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی عصاره چای سبز در مشابهت با سایر آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است (Wanasundra *et al.*, 1996، Lee&Sher, 1984، Nieto *et al.*, 1993، Chen *et al.*, 1998).

شکل (۵) تا (۷) به ترتیب تغییرات بین پارامترهای کمی و کیفی محصول با افزایش سطح عصاره چای سبز را نشان می‌دهد. در شکل (۵) دیده می‌شود در غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره چای سبز رابطه‌ای میان سفتی و شاخص پراکسید وجوددارد. شاخص پراکسید رابطه‌ای غیرهمسو با میزان تخلخل و رطوبت دارد. رابطه‌ای با شدت بالا بین پذیرش کلی نمونه و پارامتر روشنایی و رابطه بین میزان روشنایی مغز و حجم نمونه نیز مشاهده می‌گردد. بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده و پراکندگی پارامترهای موردبررسی در فضای تحلیل مؤلفه اصلی می‌توان نتیجه گرفت تأثیر افزودن عصاره چای سبز در سطح ۱۰۰ پی‌پی‌ام روابطی مشابه با حضور غلظت‌های پایین اسید آسکوربیک با تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی در ساختار دونات است. ازاین‌رو، افزودن غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام از عصاره چای سبز همانند غلظت‌های پایین اسید آسکوربیک ویژگی‌های پروکسیدانی از خود نشان می‌دهد. شکل (۶) نشان‌دهنده تغییرات روابط بین پارامترهای موردبررسی در دوره زمانی نگهداری در حضور ۱۵۰ پی‌پی‌ام عصاره چای سبز است. همان‌طور که بر مبنای پراکندگی پارامترها در فضای مؤلفه اصلی مشاهده می‌گردد، افزایش سطح عصاره چای سبز موجب ایجاد رابطه‌ای با شدت بالا میان سه پارامتر روشنایی مغز، میزان رطوبت، و تخلخل در دونات می‌شود. این سه پارامتر رابطه‌ای مثبت با میزان فعالیت آبی و پذیرش کلی محصول و رابطه‌ای غیرهمسو با شاخص پراکسید، روشنایی پوسته و سفتی از خود نشان داده‌اند. مقدار رطوبت، میزان آب موجود در محصول است و در بازه‌ای از تغییرات میان صفر تا ۱۰۰ درجه‌بندی می‌شود. بازه صفر رطوبت نشان‌دهنده محصولی کاملاً خشک و بازه ۱۰۰ نشان‌دهنده اشباع بودن محصول از رطوبت است. افزایش سطح تخلخل با ایجاد جزء فضای تهی در محصول موجب به دام انداختن و افزایش حفظ رطوبت در محصول می‌شود. از سوی دیگر، افزایش رطوبت محصول موجب افزایش روشنایی مغز محصول با تأثیر بر میزان تورم نشاسته و باعث جلوگیری از ایجاد رتروگراداسیون و بیاتی محصول می‌شود. تأثیر مثبت مشاهده‌شده (درنتیجه حفظ مطلوب رطوبت در قسمت درونی) موجب تأثیرگذاری مطلوب بر شاخص پراکسید شده‌است. بر مبنای روابط مشاهده‌شده، سطح ۱۵۰ پی‌پی‌ام از عصاره چای سبز با تأثیر مثبت بر ویژگی‌های بافتی موجب کاهش افت کیفی در محصول و افزایش پذیرش در آن با توجه به روابط ایجادشده گردیده‌است. بر مبنای روابط مشاهده‌شده، تأثیرات اکسیداتیو عصاره چای سبز در این غلظت نیز مشاهده شد.

1-Epigallocatechin-3-gallate
2-Epicatechin gallate
3-Epigallocatechin
4-Epicathechin
5-Scavenger

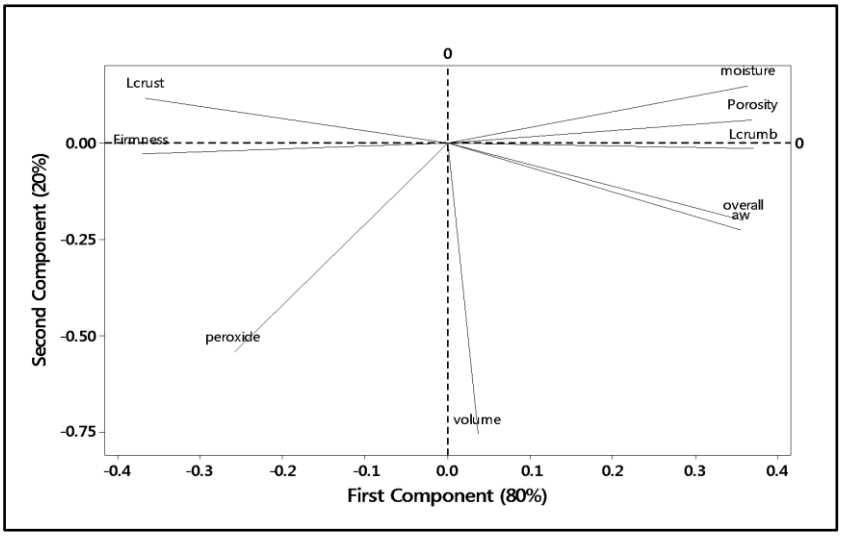


شکل ۵- رابطه بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در حضور ۱۰۰ پی پی‌ام عصاره چای سبز



شکل ٦- رابطه بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در حضور ۱۵۰ پی پی‌ام عصاره چای سبز

شکل (۷) نشان‌دهنده تغییرات بین روابط پارامترهای مورد بررسی در حضور ۲۰۰ پی‌پی‌ام عصاره چای سبز است. بر مبنای پراکندگی ویژگی‌ها در فضای تحلیل مؤلفه اصلی مشاهده می‌شود که روابط بین پارامترها در دوره زمانی دارای مشابهت با روابط ایجاد شده در حضور ۱۵۰ پی‌پی‌ام عصاره چای سبز است. یادآوری می‌شود که شدت روابط در غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام کمتر است. از سوی دیگر، افزایش سطح عصاره چای سبز به ۲۰۰ پی‌پی‌ام موجب مستقل شدن پارامتر شاخص پراکسید نسبت به سایر پارامترهای بافتی شده است. مستقل شدن شاخص پراکسید به‌عنوان شاخصی از میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، نشان‌دهنده تأثیر مستقیم عصاره چای سبز در سطح ۲۰۰ پی‌پی‌ام بر کاهش اکسیداسیون اسیدهای چرب به‌صورت مستقیم و فارغ از ایجاد تأثیرات فیزیکوشیمیایی است.



شکل ۷- رابطه بین ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی در حضور ۲۰۰ پی پی‌ام عصاره چای سبز

بر مبنای روابط بین پارامترهای موردبررسی با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی، افزایش سطح عصاره چای سبز تا غلظت ۱۵۰ پی‌پی‌ام به‌صورت مستقل بر شاخص پراکسید اثر گذار نیست. در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام عصاره چای سبز، شاخص پراکسید دارای رابطه مثبت با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول است. درواقع، در غلظت‌های پایین عصاره چای سبز، ویژگی‌های اکسیداتیو در جهت بهبود تأثیرگذاری بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی عمل می‌کند. بر مبنای بررسی تأثیر غلظت آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بر کاهش شاخص پراکسید، هونگ و همکاران (Hung *et al.*, 1994) گزارش داده‌اند که غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام آلفا توکوفرول از تشکیل هیدروپراکسید جلوگیری می‌کند. در این سطح، تجزیه هیدروپراکسید شدت بالاتری دارد. تجزیه هیدروپراکسید با ایجاد فعالیت اکسیداتیو موجب تأثیرگذاری بر ویژگی‌های فیزیکی- بافتی محصول می‌شود. گوردون و همکاران (Gordon, 2000) نقش پراکسیدانی عصاره چای سبز را در امولسیون آب در روغن حاوی این عصاره گزارش کردند. به گفته این محققان، عصاره چای سبز در سیستم حاوی میزان رطوبت بالا نقش پراکسیدانی دارد که در جهت افزایش فعالیت اکسیداتیو عمل می‌کند. تغییرات بافتی ایجادشده بر مبنای روابط بین پارامترهای مورد بررسی در سه بازه زمانی تا ۷ روز، نشان‌دهنده تغییر درشدت رابطه میان پارامترها و تأثیر این روابط بر شاخص پراکسید به‌عنوان شاخصی از میزان اکسیداسیون اسیدهای چرب محصول است. با توجه به روند مشاهده شده، افزایش غلظت تا سطح ۲۰۰ پی‌پی‌ام موجب مستقل شدن شاخص پراکسید از سایر پارامترها در فضای تحلیل مؤلفه اصلی و نتیجتاً تأثیرگذاری مستقیم این سطح از عصاره چای سبز برای کنترل اکسیداسیون اسیدهای چرب در دونات است. در مقایسه با نمونه شاهد حاوی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی، شاخص پراکسید رابطه‌ای مستقل از سایر پارامترها در فضای مؤلفه اصلی از خود نشان داده‌است. نتایج مشاهده شده در خصوص فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره چای سبز با افزایش غلظت در پژوهش میلدنر و همکاران (Mildner *et al.*, 2001) نیز گزارش شده است. این محققان می‌گویند با افزایش سطح عصاره چای سبز در بیسکوئیت، در دوره نگهداری پایداری اکسیداتیو جزء روغنی محصول افزایش پیدا می‌کند.

نتیجه‌گیری

بررسی روابط میان پارامترهای فیزیکوشیمیایی دونات در

دورهٔ نگهداری و تأثیرگذاری آن‌ها بر شاخص پراکسید در حضور اسید آسکوربیک و عصاره چای سبز به‌صورت مجزا و ترکیبی نشان‌دهنده تأثیر پراکسیدانی و آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات در غلظت‌های مختلف است. بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل مؤلفه اصلی، اسید آسکوربیک در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام دارای نقش پراکسیدانی و تأثیرگذاری بر ویژگی‌های بافتی محصول است و به‌صورت ضعیف دارای ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی در غلظت ۱۵۰ پی‌پی‌ام است. عصاره چای سبز نیز در غلظت‌های پایین خود نقش پراکسیدانی دارد. در خصوص تأثیر هم‌افزائی اسید آسکوربیک بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره چای سبز نتایج حاصل از این پژوهش نشان دهنده تأثیرگذاری افزودن توأم غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک و ۲۰۰ پی‌پی‌ام عصاره چای سبز است. از سوی دیگر، ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسید آسکوربیک نیز دارای نقش هم‌افزائی در تقویت فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره چای سبز در غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام است. ازاین‌رو می‌توان گفت که استفاده توأم در غلظت‌های مناسب اسید آسکوربیک و عصاره چای سبز موجب بهبود ثبات اکسیدانی دونات در دوره نگهداری می‌شود.

مراجع

AACC. 2000. Approved methods of AACC. American Association of Cereal Chemist, st. Paul, MN.

Abdi, H. and Lynne, J. W. 2010. Principal component analysis." Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics. 2(4): 433-459.

Alizadeh Behbahani, b., Yazdi, F. T., Shahidi, F., Mortazavi, S. A., and Mohebbi, M. 2017. Principle component analysis (PCA) for investigation of relationship between population dynamics of microbial pathogenesis, chemical and sensory characteristics in beef slices containing Tarragon essential oil. Microbial Pathogenesis. 105: 37-50.

Bárcenas, M. E. and Rosell, C. M. 2006. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: Low temperatures and HPMC addition. Journal of Food Engineering. 72(1): 92–99.

Botterweck, A. A. M. 2000. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands cohort study. Food and Chemical Toxicology. 38(7): 599-605.

Benzie, I. F., Szeto, Y. T., Strain, J. J. and Tomlinson, B. 1999. Consumption of green tea causes rapid increase in plasma antioxidant power in humans. Nutrition and Cancer. 34(1): 83-7.

Chen, Z. Y., Wang, L. Y., Chan, P. T, Zhang, Z., Chung, H. Y. and Liang, C. 1998. Antioxidative activity of green tea catechin extract compared with that of rosemary extract. Journal of the American Oil Chemists' Society. 75(9):1141-5.

Dimitrios, B. 2006. Sources of natural phenolic antioxidants. Trends in Food Science & Technology. 17(9): 505-512.

Dai, F., Wei-Feng, Ch. and Bo, Zh. 2008. Antioxidant synergism of green tea polyphenols with α-tocopherol and l-ascorbic acid in SDS micelles. Biochimie. 90(10): 1499-1505.

Dagdelen, A. and Gocmen, D. 2007. Effects of glucose oxidase, hemicellulase and ascorbic acid on dough and bread quality. Journal of Food Quality. 30(6): 1009-1022.

Frankel, E. N. 1993. In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in food lipids. Trends in Food Science & Technology. 4(7): 220-225.

Goodman, D. L., McDonnel, J. T., Nelson, H. S., Vaughan, T. R., and Weber, R. W. 1990. Chronic urticaria exacerbated by the antioxidant food preservatives, butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT). Journal of Allergy and Clinical Immunology. 86(4): 570-575.

HabibiNajafi, M. B., Pourfarzad, A., Zahedi, H., Ahmadian-Kouchaksaraie, Z., and Khodaparast, M. H. H. 2016. Development of sourdough fermented date seed for improving the quality and shelf life of flat bread: study with univariate and multivariate analyses. Journal of Food Science and Technology. 53(1): 209-220.

Higashi Okai, K., Makoto, T. and Yasuji, O. 2000. Potent antioxidative activity of non- polyphenolic fraction of green tea (Camellia sinensis)–association with pheophytins. Journal of the Science of Food and Agriculture. 80(1): 117-120.

Huang, Sh., Edwin, N. F. and J. Bruce, G. 1994 Antioxidant activity of. alpha.-and. gamma.-tocopherols in bulk oils and in oil-in-water emulsions. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 42(10): 2108-2114.

Jackson, J. E. 2005. A user's Guide to Principal Components (Vol. 587). John Wiley & Sons.

Jolliffe, I. T. 2002. Principal component analysis and factor analysis. Principal Component Analysis. 150-166.

Marcus, K. 1980. Lipid oxidation, secondary reactions, and water activity of foods. Autoxidation in Food and Biological Systems. 191-206. Springer, Boston, MA.

Lee, M. H. and Sher, R. L. 1984. Extraction of green tea antioxidants and their antioxidant activities in various edible oils and fats. Journal of Chinese Agriculture Chemistry Society. 22: 226-3.

Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Domínguez, J. M., Sineiro, J., Domínguez, H., and Parajó, J. C. 2001. Natural antioxidants from residual sources. Food Chemistry. 72(2): 145-171.

Miller, N. J. and Catherine, A. R. 1997. The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. Food Chemistry. 60(3): 331-337.

Mildner-Szkudlarz, S., Zawirska-Wojtasiak, R., Obuchowski, W., and Gośliński, M. 2009. Evaluation of antioxidant activity of green tea extract and its effect on the biscuits lipid fraction oxidative stability. Journal of Food Science. 74(8): S362-S370.

Naji-Tabasi, S. and 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.

Nieto, S., Garrido, A., Sanhueza, J., Loyola, L. A., Morales, G., Leighton, F. and Valenzuela, A. 1993. Flavonoids as stabilizers of fish oil: an alternative to synthetic antioxidants. Journal of the American Oil Chemists' Society. 70(8):773-8.

Pantelidis, G. E., Vasilakakis, M., Manganaris, G. A., and Diamantidis, G. R. 2007. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. Food Chemistry. 102(3): 777-783.

Pourfarzad, A., Najafi, M. B. H., Khodaparast, M. H. H., Khayyat, M. H., and Malekpour, A. 2014. Fractionation of Eremurus spectabilis fructans by ethanol: Box–Behnken design and principal component analysis. Carbohydrate Polymers. 106, 374-383.

Pourhaji, F. and Sahraiyan, B. 2018. Studies of the correlation between the physicochemical and sensory properties of fried doughnut affected by the added green tea infusion and ascorbic acid with the use of

principal component analysis. International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research (eIJPPR). 8(2): 1-7.

Sabanis, D., Tzia, C. and Papadakis, S. 2008. Effect of different raisin juice preparations on selected properties of gluten-free bread. Food and Bioprocess Technology. 1(4): 374–383.

Saporta, G., and Niang, N. 2009. Principal component analysis: application to statistical process control. In: Govaret, G. (Ed.) Data Analysis. John Wiley & Sons, Inc.1-23.

Shahidi, F. 1997. ed. Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications. The American Oil Chemists Society.

Sung, H., Nah, J., Chun, S. and Park, H. 2000. In vivo antioxidant effect of green tea. European journal of Clinical Nutrition. 54(7): 527.

Sahraiyan, B., Naghipour, F., Karimi, M. and Ghiafeh davoodi, M. 2013. Evaluation of Lepidium sativum seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. Food Hydrocolloid. 30(2): 698-703.

Seyhun, N., Sumnu, G. and Sahin, S. 2003. Effects of different emulsifier types, fat contents and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. Nahrung. 47(4): 248-251.

Shantha, N.C. and Decker, E.A. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. Journal of AOAC International. 77(2): 421-424.

Valcic, S., Muders, A., Jacobsen, N. E., Liebler, D.C. and Timmermann, B. N. 1999. Antioxidant chemistry of green tea catechins. Identification of products of the reaction of (−)-epigallocatechin gallate with peroxyl radicals. Chemical Research in Toxicology. 12(4):382-386.

Wanasundara, UN. and Shahidi, F. 1996. Stabilization of seal blubber and menhaden oils with green tea catechins. Journal of the American Oil Chemists' Society. 73(9):1183-90.

Yen, G., Pin-Der, D, and Hui-Ling, T. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. Food Chemistry. 79 (3): 307-313.

Yanishlieva-Maslarova, N. V., Pokorny, J., Yanishlieva, N., and Gordon, M. 2001. Inhibiting oxidation. Antioxidants in food: Practical applications. 22-70

Zolfaghari, Z., Mohebi, M. and Haddad Khodaparast, M.H. 2013. Quality changes of donuts as influenced by leavening agent and hydrocolloid coating. Journal of Food Processing and Preservation. 37(1): 34-45.

Zandi, P. and Michael H. G. 1999. Antioxidant activity of extracts from old tea leaves. Food Chemistry. 64 (3): 285-288.

Food Engineering Research/Vol.17/No.64/Spring and Summer 2018/P:41-56

Evaluating the Oxidative Stability of Doughnut Containing Ascorbic Acid and Green Tea Extract During Storage Using Principal Component Analysis (PCA)

F. Pourhaji and B. Sahraeiyan*

* Corresponding Author: Graduated Ph.D. of Food Science and Technology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
Email: Baharehsahraiyan@yahoo.com
Received: 8 March 2018, Accepted: 11 July 2018

In this article physicochemical properties of fried doughnut during 7-days storage affected by green tea extract (0, 100, 150, and 200 ppm) and ascorbic acid (0, 50, 100, and 150 ppm) were studied using principal component analysis (PCA). The results illustrated the dependence of physicochemical properties to the ascorbic acid green tea extract concentrate as antioxidant substitutions in product. Both of them showed pro-oxidant and antioxidant activity in low and high concentration respectively. Ascorbic acid in concentrations 50 and 100 ppm as a pro-oxidant influenced the texture and appearance and had a weak antioxidant effect at 150 ppm. Observed trend for green tea extract (regarding the more effectiveness of antioxidant properties at 200 ppm) was the same as that of ascorbic acid.

Keywords: Antioxidant properties, Fried Doughnut, Shelf life, Vitamin C