مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

اثر پوشش خوراکی تهیه شده از صمغ دانه مرو بر سینتیک تغییرات رنگ و سطح برش‌های بادمجان طی فرآیند سرخ کردن

محمدامین اسدنهال[۱]، فخرالدین صالحی[۲]، مجید رسولی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۲- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹ /۰۹/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۲۵

کلمات کلیدی:

روشنایی،

سرخ کردن عمیق،

شاخص‌های رنگی،

مدل‌سازی.

DOI: 10.52547/fsct.18.05.11

* مسئول مکاتبات:

M.Rasouli@basu.ac.ir

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات پارامترهای رنگی (L*، a* ،b* و ΔE) و مساحت برش‌های بادمجان پوشش‌دهی شده با غلظت‌های مختلف صمغ دانه مرو هنگام سرخ شدن عمیق بود. در این پژوهش برش‌های بادمجان به شکل استوانه‌ای با ضخامت ۱ سانتی‌متر با استفاده از صمغ دانه مرو در چهار غلظت ۰/۰، ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد پوشش‌دهی شدند. سپس درون سرخ‌کن قرار گرفته و اثرات دمای سرخ کردن در سه سطح ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ درجه سلسیوس بر ویژگی‌های ظاهری نمونه‌ها بررسی شد. برای بررسی تغییرات شاخص‌های رنگی شامل روشنایی (L*)، قرمزی (a*)، زردی (b*) و تغییرات رنگ (ΔE) و همچنین تغییرات مساحت نمونه‌ها، در طی زمان سرخ شدن به‌صورت پیوسته از نمونه‌ها عکس تهیه گردید. شاخص L* محاسبه شده برای فرآیند سرخ شدن نمونه‌های بادمجان نشان داد که از نظر روشنایی نمونه‌های پوشش داده شده روشن‌تر بودند و بادمجان‌های پوشش داده شده با صمغ دانه مرو با غلظت ۱/۵ درصد مقادیر L* بالاتری داشتند. با افزایش غلظت صمغ دانه مرو از ۰/۵ به ۱/۵ درصد، مقدار قرمزی نمونه‌ها از ۱۱/۷۷ به ۸/۳۸ کاهش یافت. از نظر شاخص تغییرات رنگ (ΔE) بادمجان‌های پوشش داده شده با صمغ دانه مرو کمترین تغییرات رنگ را در طی زمان سرخ کردن از خود نشان دادند. میانگین مقادیر ΔE برای نمونه شاهد، ۰/۵ درصد، ۱ درصد و ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو به ترتیب برابر ٤٤/٦٦، ٤٦/۲۵، ٤۵/۸۵ و ۳۹/۸۰ بود. برای مدل‌سازی شاخص تغییرات رنگ، مدل ام‌اف در مقایسه با مدل‌های توانی، درجه دوم، گومپرتز، لجستیک، ریچارد و ویبول خطای کمتری داشت و به‌خوبی با داده‌های آزمایشگاهی برازش شد. میانگین تغییرات مساحت محاسبه شده برای نمونه شاهد، ۰/۵ درصد، ۱ درصد و ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو به ترتیب برابر ٤۲/۹۹، ٤۰/٤۹، ۳۹/۷۰ و ۳۸/۵۳ بود. نتایج نشان داد که پوشش‌دهی برش‌های بادمجان با ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو باعث حفظ شکل ظاهری محصول سرخ‌شده می‌گردد و همچنین کمترین تغییرات مساحت در زمان سرخ شدن در دماهای مختلف در این نمونه‌ها مشاهده شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]

۱- مقدمه

سرخ کردن یک روش فرآوری مواد غذایی است که شامل فرآیندهای انتقال جرم (جذب روغن و خروج رطوبت) و انتقال حرارت می‌باشد. محصولات غذایی سرخ‌شده به دلیل دارا بودن ویژگی‌های بافتی منحصربه‌فرد از محبوبیت بالایی در میان مصرف‌کنندگان برخوردار می‌باشند. سرخ کردن یکی از روش‌های فراوری بادمجان (*Solanum melongena*. L.) می‌باشد و بادمجان سرخ‌شده بر اساس سلیقه مردم مناطق مختلف، تهیه و مصرف می‌شود. تغییرات فیزیکوشیمیایی مختلفی مانند دناتوراسیون پروتئین‌ها، ژلاتینه شدن نشاسته، تغییرات رنگ سطح (قهوه‌ای شدن)، خروج سریع آب و جذب روغن در طی فرآیند سرخ کردن رخ می‌دهد [۱]. اثر پیش تیمار پخت بر فرآیند سرخ کردن بادمجان و بررسی سینتیک رفتار جذب روغن و تغییرات رطوبت در نمونه‌های بادمجان طی فرایند سرخ کردن عمیق و مرحله سرد کردن توسط خلیلیان و همکاران (۲۰۱۷) بررسی‌شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که محتوی روغن نمونه‌های بادمجان طی فرایند سرخ کردن عمیق در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس، در اوایل فرایند سرخ کردن به حداکثر مقدار خود رسیده و در ادامه، روند کاهشی می‌باشد. محتوی رطوبت نمونه‌های بادمجان نیز در اوایل فرایند سرخ کردن به‌سرعت کم شده و پس از آن، سرعت کاهش محتوی رطوبت نمونه‌ها، نیز کاهش می‌یابد [۲]. بررسی انتقال حرارت و مدل‌سازی سینتیک تغییرات رنگ در طی فرآیند سرخ کردن بادمجان توسط صالحی (۲۰۱۹) بررسی شده است. بر اساس این تحقیق دماهای بالاتر موجب روشنایی و زردی کمتر محصول نهایی، اما قرمزی بیشتر آن می‌شود. سینتیک تغییرات رنگ سطح بادمجان از یک تابع نمایی افزایشی تبعیت می‌کند و نمونه‌های سرخ‌شده بادمجان در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس افت بیشتری از نظر اندازه سطح داشته و کوچک‌تر می‌شوند [۳].

محصولات کشاورزی خام مانند سیب‌زمینی، بادمجان و کدو خورشتی هنگام سرخ شدن در روغن‌های خوراکی مقدار زیادی روغن جذب خود می‌کنند. هر چقدر روغن جذب شده توسط این محصولات بیشتر باشد، ماندگاری و کیفیت آنها کمتر شده و باعث کاهش پذیرش محصول نهایی توسط مصرف‌کننده می‌شود. جذب زیاد روغن توسط محصولات سرخ‌شده را می‌توان با پوشش‌دهی این محصولات با استفاده از هیدروکلوئیدها کاهش داد. محصولات سرخ‌شده پوشش داده شده علاوه بر درصد پایین روغن، دارای رنگ روشن‌تر، ارزش تغذیه‌ای و حسی بالاتر، تخلخل بیشتر، افت رطوبت کمتر، حداقل اکسیداسیون و همچنین دارای ویژگی‌های ظاهری، بافتی و مزه بهتری هستند [٤-٦]. برخی از محققان گزارش کرده‌اند که استفاده از پوشش‌های خوراکی تهیه شده از صمغ‌ها در کاهش میزان جذب روغن در طی فرآیند سرخ کردن عمیق محصولات غذایی سرخ‌شده مؤثر است. تأثیر هیدروکلوئیدهای گوار و گزانتان بر کاهش جذب روغن در فرایند سرخ کردن بادمجان توسط جرجانی و همراهی (۲۰۱۵) بررسی شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که پوشش‌دهی حلقه‌های بادمجان با مواد هیدروکلوئیدی منجر به کاهش جذب روغن در محصول نهایی می‌شود. بیشترین مقدار کاهش روغن به ترتیب مربوط به بادمجان‌های پوشش داده شده با صمغ گزانتان ۱ و ۰/۵ درصد و کمترین مقدار کاهش روغن در گوار ۰/۵ درصد گزارش شده است. همچنین نمونه‌های پوشش داده شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد میزان رطوبت بالاتری داشتند [۷]. در پژوهشی، اثر صمغ دانه ریحان بر میزان جذب روغن و خواص فیزیکی خلال‌های سیب‌زمینی طی سرخ کردن عمیق توسط زمانی قلعه شاهی (۲۰۱۵) بررسی شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان جذب روغن در همه نمونه‌های پوشش‌دهی شده در مقایسه با نمونه شاهد کمتر بود. کمترین میزان جذب روغن در خلال‌های سیب-زمینی تیمار شده با دانه ریحان ۱ و ۰/۵ درصد گزارش شده است. همچنین پوشش‌دهی با مواد هیدروکلوئیدی به افزایش مقدار رطوبت خلال‌های سرخ‌شده در مقایسه با تیمار شاهد منجر گردید. بیشترین تغییرات کلی رنگ و سفتی بافت به ترتیب به نمونه‌های تیمار شده با گزانتان و دانهٔ ریحان در غلظت ۱ درصد مربوط بود [۸].

استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی خوراکی (صمغ‌ها) یکی از روش‌های مناسب برای کاهش مقدار روغن جذب شده در مواد غذایی سرخ‌شده است. صمغ دانه‌های مرو (*Salvia macrosiphon* L.) از جمله هیدروکلوئیدهای گیاهی هستند که بدون افزودن هر گونه حلال و در شرایط طبیعی استخراج شده و حاوی انواع کربوهیدرات‌ها، پروتئین و فیبر می‌باشند [۹]. این صمغ‌ها را می‌توان در فرمولاسیون‌انواع مواد غذایی و یا برای پوشش‌دهی انواع محصولات کشاورزی به‌عنوان

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]

پوشش خوراکی قبل از فرآیند سرخ کردن استفاده کرد [٦].
مواد غذایی سرخ‌شده حاوی مقدار قابل‌توجهی روغن هستند (در برخی موارد تا یک‌سوم وزن کل محصول) که این امر از نظر سلامتی می‌تواند برای مصرف کننده مضر باشد. در دهه‌های اخیر تلاش برای بررسی مکانیسم جذب روغن و کاهش آن در محصولات سرخ‌شده افزایش یافته است. کنترل شرایط سرخ کردن و استفاده از پوشش‌های خوراکی می‌تواند به بهبود ویژگی‌های ظاهری و رنگ محصول نهایی کمک کند [٦]. با توجه به مزایای ذکر شده برای پوشش‌دهی محصولات غذایی قبل از فرآیند سرخ کردن، بررسی پوشش‌دهی برش‌های بادمجان با پوشش‌های خوراکی تهیه شده از صمغ دانه مرو قبل از فرآیند سرخ کردن عمیق ضروری می‌باشد. با توجه به بررسی منابع منتشرشده مشخص شد که تاکنون پژوهشی در خصوص اثر پوشش‌دهی با صمغ دانه مرو بر سینتیک تغییرات رنگ و سطح بادمجان طی فرآیند سرخ کردن صورت نگرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه صمغ دانه مرو

در این پژوهش دانه‌های مرو (*Salvia macrosiphon* L.) از استان همدان تهیه و ناخالصی آن‌ها کاملاً جداسازی گردید. جهت استخراج موسیلاژ، ابتدا دانه‌های مرو به مدت ۲۰ دقیقه درون آب با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و نسبت آب به دانه برابر ۲۰ به ۱ قرار گرفتند. سپس جهت جدا کردن صمغ خارج شده از دانه‌ها، از دستگاه آبمیوه‌گیری استفاده شد [۱۰, ۱۱]. غلظت موسیلاژ استخراج شده ۰/٦ درصد وزنی/وزنی بود. موسیلاژ تهیه شده در دمای ٦۰ درجه سلسیوس خشک و سپس توسط آسیاب پودر گردید. جهت بررسی اثر غلظت صمغ بر پارامترهای مورد بررسی، غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد (وزنی/وزنی) از صمغ خشک شده تهیه گردید. برای حل کردن صمغ درون آب از همزن مغناطیسی (شیماز، ایران) استفاده شد.

۲-۲- فرآیند پوشش‌دهی

برای انجام آزمایش‌ها، نمونه‌های بادمجان با اندازه متوسط و یک شکل از استان همدان تهیه گردید. برای انجام فرآیند سرخ کردن ابتدا بادمجان‌ها به قطعاتی با ضخامت ۱ سانتی‌متر برش داده شدند. نمونه‌ها به دو گروه شاهد (بدون پوشش) و پوشش داده شده توسط غلظت‌های مختلف صمغ‌دانه مرو تقسیم شدند. ابتدا درون بشر به‌صورت جداگانه محلول‌هایی با غلظت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی/وزنی از صمغ خشک شده تهیه شد. سپس برای پوشش‌دهی، نمونه‌های برش خورده به مدت ۱ دقیقه درون محلول‌های تهیه شده از صمغ قرار گرفتند.

۲-۳- فرآیند سرخ کردن

برش‌های بادمجان پس از برش و پوشش‌دهی، جهت سرخ کردن در سه سطح دمای ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. جهت سرخ کردن عمیق از روغن آفتابگردان و سرخ‌کن خانگی دلمونتی استفاده شد. جهت کنترل دمای سرخ‌کن از دماسنج دیجیتالی تماسی دو کاناله لوترون[1] (تایوان) با دامنه دمایی ۵۰- تا ۱۲۳۰ درجه سلسیوس (±۰/۱°C) و ترموکوپل دمایی نوع K با ضخامت یک میلی‌متر استفاده گردید. نمونه‌های سرخ‌شده در طی زمان آزمایش از مخزن روغن خارج و پس از حذف روغن سطحی توسط دستمال کاغذی، بلافاصله جهت بررسی تغییرات خصوصیات ظاهری استفاده شدند.

۲-٤- بررسی تغییرات رنگ سطحی

جهت بررسی تغییرات رنگ و سطح نمونه‌ها، از روش پردازش تصویر استفاده گردید. در طی زمان سرخ کردن به‌صورت پیوسته از نمونه‌ها عکس در فرمت JPG تهیه و بعد از تبدیل به فرمت $L^*a^*b^*$ توسط نرم‌افزار Image J (Image J software version 1.42e, USA)، شاخص‌های‌رنگی آنها شامل L^*، a^*، b^* و ΔE محاسبه و گزارش شد. در این روش از یک اسکنر اچ‌پی[2]، جهت تصویربرداری استفاده گردید. مدل رنگی Lab مرکب از جزء روشنایی (مقدار L که دامنه‌ای از صفر تا ۱۰۰ را دارد) و دو جزء رنگی (دامنه‌ای از ۱۲۰- تا ۱۲۰+) که شامل جزء a* (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و جزء b* (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) می‌باشد، تشکیل شده است [۱۲]. مقادیر تغییر رنگ (ΔE) در مقایسه با نمونه تازه، با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \qquad (۱)$$

1. Lutron, TM-916
2. Hp Scanjet 300, China

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]

۲-۵- مدل‌سازی شاخص تغییرات رنگ

مقادیر ΔE برای غلظت‌های مختلف پوشش مورد استفاده و دماهای مختلف در طی زمان سرخ کردن برش‌های بادمجان محاسبه شد و داده‌های تجربی حاصل از آن با مدل‌های توانی[1] (۲)، درجه دوم[2] (۳)، گومپرتز[3] (٤)، لجستیک[4] (۵)، ریچارد[5] (٦)، ام‌اف[6] (۷) و ویبول[7] (۸) برازش شدند [۱۳-۱٦].

مدل توان (۲) $$\Delta E = at^b$$

مدل درجه دوم (۳) $$\Delta E = a + bt + ct^2$$

مدل گومپرتز (٤) $$\Delta E = ae^{-e^{b-ct}}$$

مدل لجستیک (۵) $$\Delta E = \frac{a}{1+be^{-ct}}$$

مدل ریچارد (٦) $$\Delta E = \frac{a}{(1+e^{b-ct})^{1/d}}$$

مدل ام‌اف (۷) $$\Delta E = \frac{ab+ct^d}{b+t^d}$$

مدل ویبول (۸) $$\Delta E = a - be^{-ct^d}$$

در این مدل‌ها ΔE و t به ترتیب نشان دهنده شدت تغییرات رنگ و زمان سرخ کردن (دقیقه) می‌باشند. همچنین حروف a، b، c و d مقادیر ثابت این مدل‌ها می‌باشند که بعد از برازش داده‌های آزمایشگاهی با این مدل‌ها، انتخاب بهترین مدل، ثابت‌های این مدل گزارش می‌شود.

درصد تغیر اندازه سطح برش‌های بادمجان که معیاری از چروکیدگی و کاهش سطح محصول در طی فرآیند سرخ کردن می‌باشد نیز با استفاده از روش پردازش تصویر و رابطه ۹ محاسبه و گزارش شد.

$$\Delta A = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100 \quad (۹)$$

در این رابطه، A_1: سطح نمونه تازه (سانتی‌متر مربع) و A_2: سطح نمونه سرخ‌شده (سانتی‌متر مربع) است.

درمجموع، در این پژوهش اثر نوع پوشش‌دهی با صمغ دانه مرو در چهار سطح ۰/۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد و دمای سرخ‌کن در سه سطح ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ درجه سلسیوس بر خصوصیات ظاهری بادمجان (سینتیک تغییرات رنگ و سطح) طی فرآیند سرخ کردن برش‌های بادمجان در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌ها در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی بررسی شدند. برای رسم نمودارها از برنامه اکسل ۲۰۰۷ و برای تجزیه‌وتحلیل آماری هم از نرم‌افزار SAS 9.1 در سطح معنی‌داری ۵٪ استفاده گردید. در این مطالعه به‌منظور مدل کردن داده‌های تجربی سرخ کردن و به دست آوردن ثابت‌های مدل‌ها، از نرم‌افزار Curve Expert ویرایش ۱/۳٤ استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

استفاده از پیش تیمارهایی مانند پوشش‌های خوراکی می‌تواند کیفیت ظاهری محصولات سرخ‌شده را بهبود بخشد (شکل ۱). در شکل ۲ اثر پوشش تهیه شده از صمغ دانه مرو در غلظت‌های مختلف بر روشنایی سطح برش‌های بادمجان در طی زمان سرخ کردن در دمای ۱۷۵ درجه سلسیوس به نمایش درآمده است. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود نمونه شاهد مقدار روشنایی کمتری داشته و نمونه‌های پوشش داده شده از نظر رنگ سطحی روشنتر می‌باشند. کاهش روشنایی تیمارها نسبت به تیمار شاهد را می‌توان به واکنش مایلارد نسبت داد که حین فرایند سرخ کردن رخ می‌دهد. همچنین در بین نمونه‌های پوشش داده شده، نمونه پوشش داده شده با صمغ دانه مرو با غلظت ۱/۵ درصد، رنگ روشنتری داشت که به دلیل خاصیت حفاظت کنندگی پوشش در برابر تغییرات رنگ می‌باشد. یادگاری و همکاران (۲۰۲۰) که اثرات جدا و متقابل صمغ‌های دانه قدومه شیرازی و متیل سلولز بر خصوصیات کیفی سیب‌زمینی سرخ‌شده را بررسی کردند [۱۷]. این پژوهشگران گزارش کردند که بیشترین شاخص L^* در بین تیمارهای پوشش داده شده متعلق به تیمار پوشش داده شده با محلول حاوی متیل سلولز با غلظت ۱/۵ درصد بوده است.

1. Power model
2. Quadratic model
3. Gompertz relation
4. Logistic model
5. Richards model
6. MMF (Morgan-Mercer-Flodin) model
7. Weibull model

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]

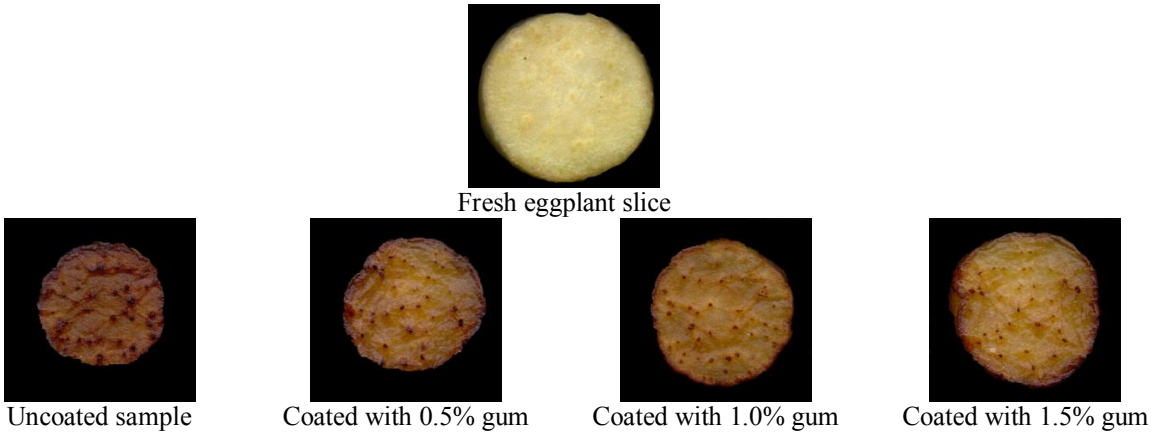

Fig 1 Effect of coating with wild sage seed gum on the surface color of fried eggplant slices

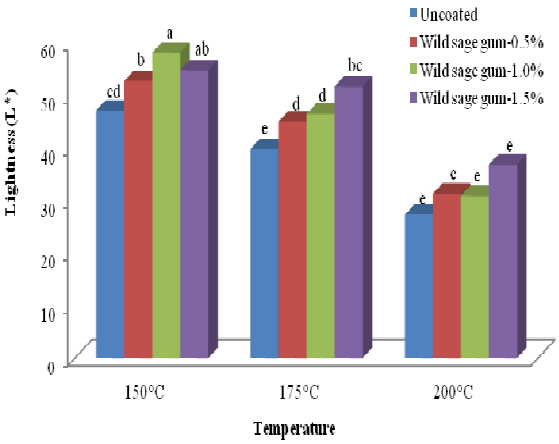

Fig 3 Effect of edible coatings on the lightness parameter (L*) of eggplant slices during frying.

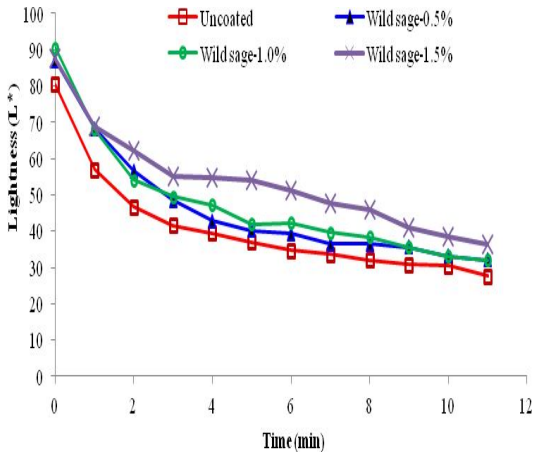

Fig 2 Effect of edible coatings on the lightness parameter (L*) of eggplant slices during frying time (175°C).

خصوصیات ظاهری و رنگ سطحی محصول سرخ‌شده از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی هستند که قبل از مصرف ماده غذایی مورد توجه قرار می‌گیرند و علاوه بر ایجاد ذهنیت درباره کیفیت کلی و سلامت محصول، بر مشتری پسندی محصول نیز تأثیرگذار می‌باشند [۱۸]. اثر دمای سرخ کردن بر شاخص‌های قرمزی و زردی برش‌های بادمجان در هنگام سرخ کردن به روش عمیق در شکل ٤ نشان داده شده است. با افزایش دمای سرخ‌کن شاخص قرمزی از ۳/۹۸ به ۱۳/٥٦ افزایش یافت ($P<۰/۰٥$) و نمونه‌ها سرخ‌تر شدند؛ اما شاخص زردی رفتار عکس نشان داد با افزایش دمای سرخ‌کن این پارامتر از ۲۸/۸۰ به ۱٥/۸۷ کاهش یافت ($P<۰/۰٥$). نمونه‌های سرخ‌شده در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس از نظر پارامتر زردی کمترین مقدار را داشتند. مصرف‌کنندگان محصولات سرخ‌شده تمایل دارند این محصولات دارای رنگ زرد و با پوسته طلایی باشند، بررسی این بخش از خصوصیات رنگی با بررسی

رنگ سطحی محصولات سرخ‌شده یکی از مهمترین فاکتورهایی است که برای ارزیابی کیفیت این محصولات در نظر گرفته می‌شود. ازجمله عوامل اثرگذار بر شاخص کیفی رنگ می‌توان به روش و شرایط سرخ کردن و همچنین پیش تیمارهای اعمال شده قبل از فرایند سرخ کردن اشاره کرد. در شکل ۳ نیز اثر دمای سرخ کردن و غلظت‌های استفاده شده از صمغ دانه مرو بر پارامتر روشنایی برش‌های بادمجان گزارش شده است. از نظر تأثیر دما، دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس بیشترین تأثیر را بر روشنایی نمونه‌ها داشت و نمونه‌های سرخ‌شده در این دما تیره‌تر بودند. نمونه‌های سرخ‌شده در دمای ۱٥۰ درجه سلسیوس روشنتر بودند و از نظر خاصیت مشتری پسندی، ظاهر بهتری داشتند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]

شاخص b* امکان‌پذیر است که بیانگر میزان زردی رنگ نمونه محصول می‌باشد [۱۳]. از نظر آماری تغییر دما اثر معنی‌داری بر تغییر شاخص قرمزی بادمجان‌های سرخ‌شده داشت (P<۰/۰۵). همان‌طور که در نمودار اثر تغییر دما بر شاخص زردی مشاهده می‌شود، از نظر آماری بین دمای ۱۵۰ و ۱۷۵ درجه سلسیوس اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس اختلاف معنی‌داری با هر دو این دماها دارد (P<۰/۰۵) و زردی نمونه‌های سرخ‌شده در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس کمتر بود.

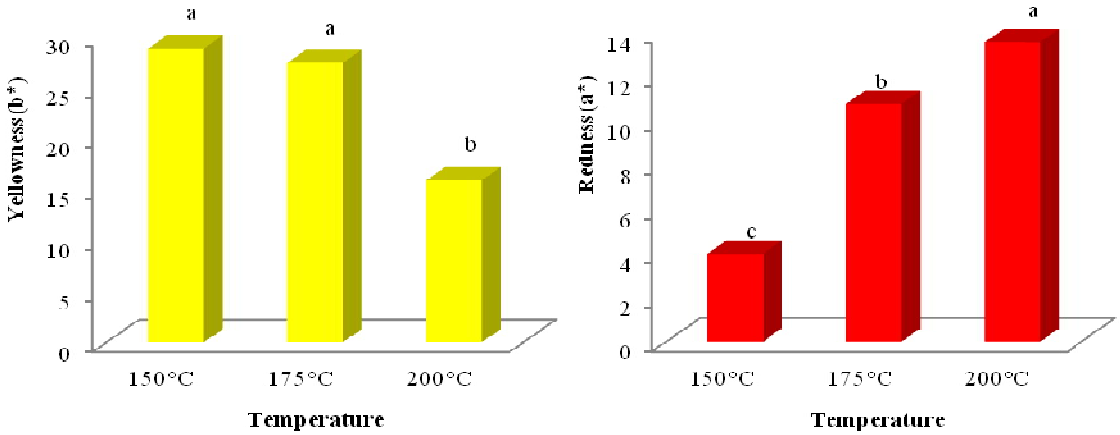

Fig 4 Effect of oil temperature on the redness (a*) and yellowness (b*) of coated eggplant slices during frying.

اثر پوشش تهیه شده از غلظت‌های مختلف صمغ دانه مرو بر شاخص‌های قرمزی و زردی هنگام سرخ کردن برش‌های بادمجان در شکل ۵ نشان داده شده است. از نظر شاخص قرمزی، برش‌های بادمجان پوشش داده شده سرخ‌تر بودند (P<۰/۰۵). با افزایش غلظت صمغ دانه مرو از ۰/۵ به ۱/۵ درصد، مقدار قرمزی نمونه‌ها از ۱۱/۷۷ به ۸/۳۸ کاهش یافت. از نظر شاخص زردی هم نمونه‌های پوشش داده شده زردتر بودند (P<۰/۰۵) اما بین غلظت‌های مختلف صمغ اختلاف معناداری از نظر شاخص زردی وجود نداشت. اشرفی یورقانلو و غیبی (۲۰۱۹) تأثیر پوشش‌های صمغ کربوکسی متیل سلولز و موسیلاژ بامیه بر میزان جذب روغن و خواص فیزیکوشیمیایی سیب‌زمینی سرخ‌شده را بررسی کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که خصوصیات رنگی سیب‌زمینی سرخ‌شده حاوی پوشش صمغ کربوکسی متیل سلولز در مقایسه با خلال‌های بدون پوشش و حاوی موسیلاژ بامیه بهتر بوده است [۱۹]. یادگاری و همکاران (۲۰۲۰) اثرات جدا و متقابل صمغ‌های دانه قدومه شیرازی و متیل سلولز بر خصوصیات کیفی سیب‌زمینی سرخ‌شده را بررسی کردند [۱۷]. این پژوهشگران گزارش کردند که تنها پوشش ترکیبی صمغ دانه قدومه شیرازی+متیل سلولز با غلظت ۱ درصد موجب افزایش شاخص قرمزی نسبت به تیمار شاهد شده و باقی تیمارها قرمزی کمتر داشتند. البته در بین پوشش‌ها و غلظت‌های مختلف، اختلاف معناداری گزارش نشده است.

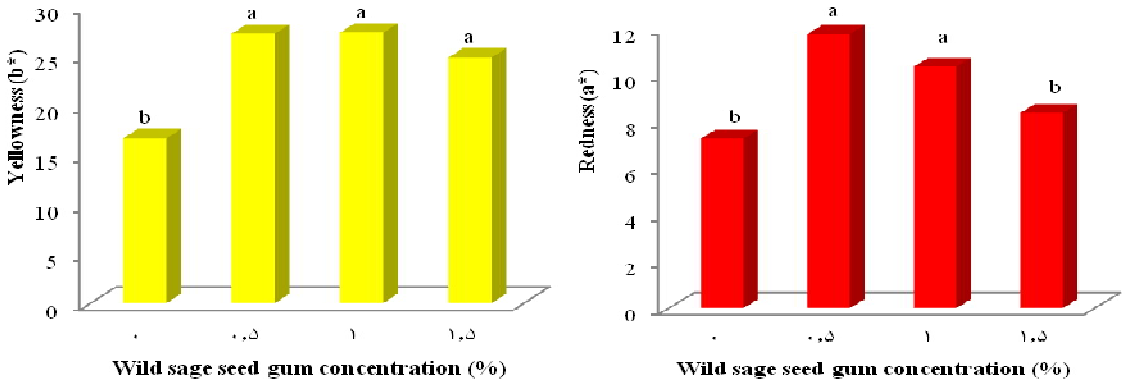

Fig 5 Effect of wild sage seed gum concentration on the redness (a*) and yellowness (b*) of coated eggplant slices during frying.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]

اثر دمای سرخ کردن بر سینتیک شدت تغییرات رنگ (EΔ) سطح برش‌های بادمجان هنگام سرخ کردن عمیق در شکل ٦ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در طی زمان سرخ کردن، مقدار ΔE محاسبه شده برای برش‌های بادمجان افزایش یافته است و مقدار این تغییرات برای دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس از دماهای ۱۵۰ و ۱۷۵ درجه سلسیوس بیشتر است. با افزایش دما شدت تغییرات رنگی افزایش می‌یابد که در این پژوهش نیز چنین نتیجه‌ای حاصل شد و در تمامی تیمارهای مورد بررسی، شدت تغییرات در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس بیشتر بود. در شکل ۷ نیز اثر دمای سرخ کردن و غلظت‌های استفاده شده از صمغ دانه مرو بر شدت تغییرات رنگ برش‌های بادمجان هنگام سرخ کردن عمیق نشان داده شده است. با توجه به شکل، شدت تغییرات با افزایش دمای سرخ‌کن افزایش یافته است و کمترین تغییر برای نمونه‌های سرخ‌شده در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس بود.

میانگین مقادیر ΔE برای نمونه شاهد، ۰/۵ درصد، ۱ درصد و ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو به ترتیب برابر ٤٤/٦٦، ٤٦/۲۵، ٤۵/۸۵ و ۳۹/۸۰ بود. بین نمونه شاهد و نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد و ۱ درصد صمغ دانه مرو از نظر میانگین شدت تغییرات رنگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و مقادیر آنها به هم نزدیک بود اما نمونه‌های پوشش داده شده با ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو کمترین تغییرات رنگ (۳۹/۸۰) را داشتند. لذا بر اساس پارامتر شدت تغییرات رنگ استفاده از ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو برای پوشش‌دهی برش‌های بادمجان و سرخ کردن آن در دمای ۱۵۰ درجه برای رسیدن به محصولی با خصوصیات رنگی مطلوب پیشنهاد می‌شود. یافته‌های این بخش با نتایج یادگاری و همکاران (۲۰۲۰) که اثرات جدا و متقابل صمغ‌های دانه قدومه شیرازی و متیل سلولز بر خصوصیات کیفی سیب‌زمینی سرخ‌شده را بررسی کرده‌اند، مطابقت دارد [۱۷]. این پژوهشگران گزارش کردند که تغییرات کلی رنگ (EΔ) در تیمار شاهد بیش از تیمارهای پوشش داده شده بوده است. در کلیه تیمارها به‌جز تیمار پوشش داده شده با صمغ دانه قدومه شیرازی با غلظت ۱ درصد و متیل سلولز با غلظت ۱/۵ درصد، اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد گزارش شده است. همچنین کمترین تغییرات رنگ در تیمار پوشش داده شده با ترکیب صمغ دانه قدومه شیرازی+متیل سلولز با غلظت ۱/۵ درصد گزارش شده است.

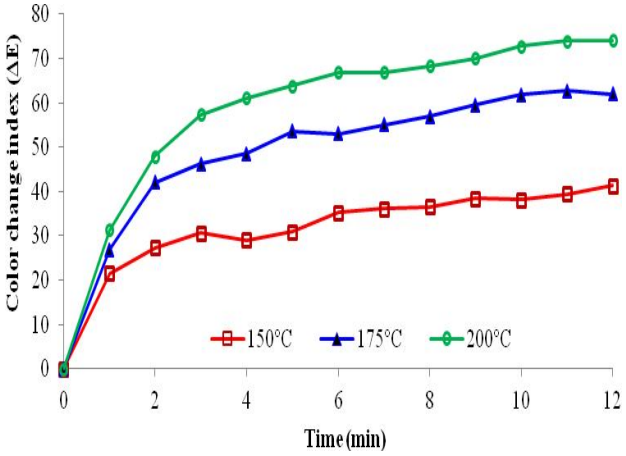

Fig 6 Effect of oil temperature on the color change index (ΔE) of eggplant slices during frying time (1% wild sage seed gum).

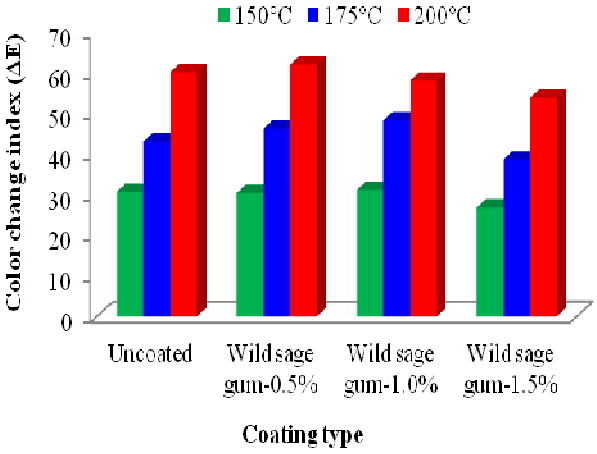

Fig 7 Effect of edible coatings and oil temperature on the average color change index (ΔE) of eggplant slices during frying.

با توجه به روند تغییرات داده‌های آزمایشگاهی به دست آمده برای پارامتر تغییر رنگ نمونه‌های بادمجان شاهد و پوشش داده شده در طی فرآیند سرخ کردن، این داده‌ها با مدل‌های توانی، درجه دوم، گومپرتز، لجستیک، ریچارد، ام‌اف و ویبول برازش شدند. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که مدل ام‌اف برای توصیف روند تغییر داده‌ها مناسب‌تر است؛ لذا ضرایب این مدل برای تیمارها و دماهای مختلف محاسبه و در جدول ۱ گزارش گردید. با استفاده از داده‌های ذکر شده در این جدول می‌توان سرعت تغییر رنگ برش‌های بادمجان در طی سرخ شدن در زمان‌های مختلف را پیش‌بینی نمود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]

Table 1 The MMF model coefficients for color change index (ΔE) of eggplant slices during frying.

Coating	Temperature (°C)	a	b	c	d	SE	R
Uncoated	150	0.059	3.832	79.967	0.589	0.832	0.998
	175	-0.083	1.884	71.424	0.786	1.017	0.998
	200	-0.052	1.754	93.957	0.865	1.414	0.998
0.5 gum	150	0.117	53.558	864.491	0.426	1.321	0.995
	175	-103.26	0.438	75.211	0.638	1.136	0.996
	200	0.015	1.191	90.192	0.793	0.910	0.999
1.0 gum	150	0.013	19.978	462.841	0.262	1.291	0.995
	175	-0.111	1.590	74.069	0.849	1.676	0.996
	200	-0.084	1.486	76.609	1.143	1.143	0.999
1.5 gum	150	27.179	144.705	177.923	0.850	0.792	0.961
	175	0.410	2466.992	46859.14	0.441	2.205	0.993
	200	-0.121	2.461	96.046	0.818	1.489	0.998

اثر تیمارهای پوشش‌دهی و دمای سرخ‌کن بر درصد تغییر اندازه سطح برش‌های بادمجان هنگام سرخ کردن در شکل ۸ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در طی زمان سرخ کردن، درصد تغییر اندازه سطح برش‌های بادمجان افزایش یافته است که نشان دهنده کاهش مساحت نمونه‌ها است. در تمامی دماهای بررسی شده در این پژوهش، نمونه‌های پوشش داده شده با صمغ دانه مرو، افت کمتری را از نظر اندازه سطح نشان دادند و این نمونه‌ها از نظر اندازه بزرگتر بودند. در شکل ۹ نیز اثر غلظت صمغ دانه مرو بر میانگین درصد تغییر اندازه سطح برش‌های بادمجان طی فرآیند سرخ کردن نمایش داده شده است.

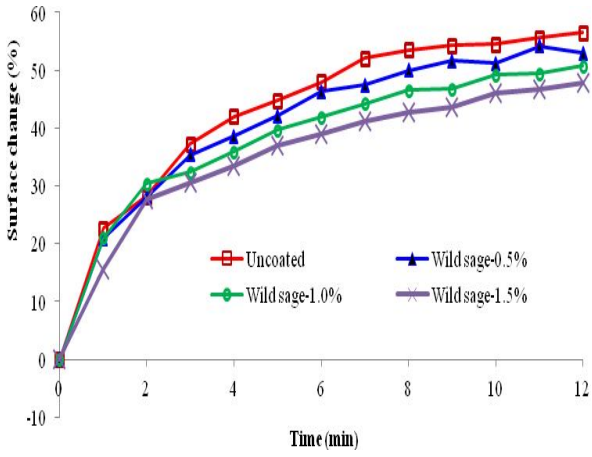

Fig 8 Effect of edible coatings on the surface change kinetics of eggplant slices during frying time (150°C).

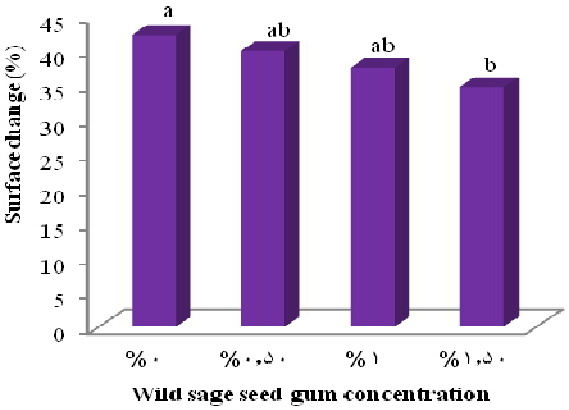

Fig 9 Effect of wild sage seed gum concentration on the surface change of eggplant slices during frying (150°C).

میانگین تغییرات مساحت محاسبه شده برای نمونه شاهد، ۰/۵ درصد، ۱ درصد و ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو به ترتیب برابر ۴۲/۹۹، ۴۰/۴۹، ۳۹/۷۰ و ۳۸/۵۳ بود. بر اساس این اعداد می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات نمونه‌های پوشش داده شده کمتر از نمونه شاهد بوده و نمونه پوشش داده با ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو کمترین تغییر را داشته و اندازه برش‌های بادمجان سرخ‌شده با این پیش تیمار بزرگتر بوده است.

٤- نتیجه‌گیری

در این مطالعه اثر پوشش‌تهیه شده از صمغ دانه مرو و همچنین دمای سرخ‌کن بر شاخص‌های رنگی و مساحت برش‌های بادمجان در طی سرخ کردن به روش عمیق مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پوشش‌دهی بادمجان با استفاده از صمغ‌دانه مرو باعث افزایش کیفیت ظاهری و بهبود رنگ آنها در انتهای فرآیند سرخ کردن می‌شود. نمونه‌های پوشش‌دهی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]
[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]

شده با صمغ دانه مرو رنگ روشن‌تری داشته و تغییرات سطح در آنها حداقل بود که این امر حاکی از سطح بزرگتر و حداقل چروکیدگی در نمونه‌های پوشش‌دهی شده در طی فرآیند سرخ کردن بود. نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) افت بیشتری از نظر مساحت داشته و اندازه کوچک‌تری داشتند. از نظر شاخص تغییرات رنگ ($E\Delta$) برش‌های بادمجان پوشش داده شده با ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو کمترین تغییرات رنگ را در طی زمان سرخ کردن از خود نشان دادند و میانگین مقادیر $E\Delta$ برای نمونه شاهد، ۰/۵ درصد، ۱ درصد و ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو به ترتیب برابر ٤٤/٦٦، ٤٦/۲۵، ٤۵/۸۵ و ۳۹/۸۰ بود. با توجه به روند تغییرات داده‌های مربوط به شاخص تغییرات رنگ مشخص شد که مدل ام‌اف برای توصیف روند تغییر داده‌ها مناسب است و ضرایب این مدل محاسبه و گزارش شد. در مجموع بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، استفاده از ۱/۵ درصد صمغ دانه مرو به‌عنوان پوشش خوراکی برای پوشش‌دهی برش‌های بادمجان قبل از فرآیند سرخ کردن توصیه می‌شود. همچنین به‌عنوان پژوهش‌های آتی بررسی استفاده از این صمغ برای پوشش‌دهی سایر محصولات غذایی هنگام سرخ کردن عمیق پیشنهاد شود.

۵- منابع

[1] Mousa, R. M. A. 2018. Simultaneous inhibition of acrylamide and oil uptake in deep fat fried potato strips using gum Arabic-based coating incorporated with antioxidants extracted from spices, Food Hydrocolloids. 83, 265-274.

[2] Khalilian, S., Ziaiifar, A., Asghari, A., Kashaninejad, M., Mohebbi, M. 2017. Effect of cooking pretreatment on frying process of eggplant and evaluation of kinetic of oil absorption and moisture changes of eggplant during deep fat frying and cooling period, Journal of Food Science and Technology. 14, 147-154.

[3] Salehi, F. 2019. Study of heat transfer and kinetic modeling of color changes during frying process of eggplant, Journal of Food Research. 29, 137-149.

[4] Khazaei, N., Esmaiili, M., Emam-Djomeh, Z. 2016. Effect of active edible coatings made by basil seed gum and thymol on oil uptake and oxidation in shrimp during deep-fat frying, Carbohydrate Polymers. 137, 249-254.

[5] Kurek, M., Ščetar, M., Galić, K. 2017. Edible coatings minimize fat uptake in deep fat fried products: A review, Food Hydrocolloids. 71, 225-235.

[6] Salehi, F. 2020. Effect of coatings made by new hydrocolloids on the oil uptake during deep fat frying: A review, Journal of Food Processing and Preservation. 44, e14879.

[7] Jorjani, S., Hamrahi, V. 2015. Effect of Guar and xanthan hydrocolloids on uptake of oil in eggplant rings during deep frying, Journal of Food Research. 25, 231-238.

[8] Zamani Ghaleshahi, A., Farhoosh, R., Razavi, S. M. A. 2015. Effect of basil seed hydrocolloid on the oil uptake and physical properties of potato strips during deep-fat frying, Iranian Food Science and Technology Research Journal. 11, 309-318.

[9] Salehi, F. 2020. Effect of common and new gums on the quality, physical, and textural properties of bakery products: A review, Journal of Texture Studies. 51, 361-370.

[10] Salehi, F. 2017. Rheological and physical properties and quality of the new formulation of apple cake with wild sage seed gum (Salvia macrosiphon), Journal of Food Measurement and Characterization. 11, 2006-2012.

[11] Amini, G., Salehi, F., Rasouli, M. 2021. Drying kinetics of basil seed mucilage in an infrared dryer: Application of GA-ANN and ANFIS for the prediction of drying time and moisture ratio, Journal of Food Processing and Preservation. 45, e15258.

[12] Salehi, F. 2020. Physicochemical characteristics and rheological behaviour of some fruit juices and their concentrates, Journal of Food Measurement and Characterization. 14, 2472 - 2488.

[13] Salehi, F. 2018. Color changes kinetics during deep fat frying of carrot slice, Heat and Mass Transfer. 54, 3421-3426.

[14] Khamis, A., Ismail, Z., Haron, K., Tarmizi Mohammed, A. 2005. Nonlinear growth models for modeling oil palm yield growth, Journal of Mathematical Statistics. 1, 225-233.

[15] Hyams, D. 2005. Curve Expert Version 1.34, Microsoft Corporation, A comprehensive curve fitting system for Windows. 1.

[16] Salehi, F. 2019. Color changes kinetics during deep fat frying of kohlrabi (Brassica

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]

oleracea var. gongylodes) slice, International Journal of Food Properties. 22, 511-519.
[17] Yadegari, M., Esmaeilzadeh Kenari, R., Hashemi, S. J. 2020. Investigation the effect of separate and mutual interactions of Alyssum homolocarpum seed and methylcellulose gums on qualitative properties of fried potato, Journal of Innovation in Food Science and Technology. 11, 89-101.
[18] Choe, E., Min, D. 2007. Chemistry of deep fat frying oils, Journal of Food Science. 72, 77-86.
[19] Ashrafi Yorganloo, R., Gheybi, N. 2019. Effect of okra mucilage and cmc on the oil uptake and physicochemical properties of french fries during deep-fat frying, Iranian Journal of Biosystems Engineering. 50, 203-211.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of edible coating prepared from wild sage seed gum on the kinetics of color and surface changes of eggplant slices during frying process

Asadnahal, M. [1], Salehi, F. [2], Rasouli, M. [2*]

1. MSc Student, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2020/ 12/ 12
Accepted 2021/ 02/ 13

Keywords:

Color indexes,
Deep fat frying,
Lightness,
Modeling.

DOI: 10.52547/fsct.18.05.11

*Corresponding Author E-Mail:
M.Rasouli@basu.ac.ir

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the changes in color parameters (L*, a*, b* and ΔE) and the area of eggplant slices coated with different concentrations of wild sage seed gum during deep fat frying. In this study, eggplant slices in a cylindrical shape with a thickness of 1 cm were coated using wild sage seed gum in four concentrations of 0.0, 0.5, 0.5 and 1.5%. Then they were placed in the fryer and the effects of frying temperature at three levels of 150, 175 and 200 °C on the appearance characteristics of the samples were investigated. To examine the changes in color indexes including lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*) and color changes (ΔE) as well as changes in the area of the samples, images were taken continuously during the frying time. The L* index calculated for the frying process of eggplant samples showed that the coated samples were brighter in terms of lightness and eggplants coated with wild sage seed gum with a concentration of 1.5% had higher L* values. With increasing the concentration of wild sage seed gum from 0.5 to 1.5%, the redness of the samples decreased from 11.77 to 8.38. In terms of color change index (ΔE), eggplants coated with wild sage seed gum showed the least color changes during frying. The mean ΔE values for the control sample, 0.5%, 1% and 1.5% of wild sage seed gum were 44.66, 46.25, 45.85 and 39.80, respectively. For modeling the color change index, the MMF model had less error compared to the Power, Quadratic, Gompertz, Logistic, Richards, and Weibull models and it fitted well with the experimental data. The average area changes calculated for the control sample, 0.5%, 1% and 1.5% of wild sage seed gum were 42.99, 40.49, 39.70 and 38.53, respectively. The results showed that coating of eggplant slices with 1.5% of wild sage seed gum preserves the appearance of the fried product and also the least area changes were observed in these samples in the frying time at different temperatures.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.121]