تعیین شرایط بهینه‌ی فرایند سرخ کردن تحت خلاء کدو حلوایی
(Cucurbita moschata Duch)

پرستو یاسائی مهرجردی[1]، بابک غیاثی طرزی[2]*، علیرضا بصیری[3]، محمد بامنی مقدم[4]، چنگیز اسفندیاری[5]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات ،تهران،ایران
[2] استادیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران،ایران
[3] استادیار پژوهشکده صنایع شیمیایی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران،ایران
[4] دانشیار دانشگاه علامه طباطبایی، تهران،ایران
[5] عضو هیئت علمی دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات ،تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۱۵

چکیده
در این پژوهش، استفاده از سرخ کردن تحت خلاء جهت فرآوری کدو حلوایی استفاده گردید و تاثیر پارامترهای فرآیند بر ویژگی‌های محصول نهایی به منظور دستیابی به شرایط بهینه‌ی فرآیند مورد ارزیابی قرار گرفت. در ابتدا با انجام پیش آزمایش‌ها و بررسی پارامترهای کیفی محصول، محدوده‌ی درجه حرارت ۷۰ تا ۱۴۰ درجه‌ی سانتی گراد، فشار ۴۰ تا ۱۴۰ میلی بار و مدت زمان ۳ تا ۱۸ دقیقه در نظر گرفته شد و با استفاده از مدل آماری رویه‌ی پاسخ، نمونه‌ها در درجه حرارت، فشار و زمان‌های طرح‌ریزی شده فرآوری گردیدند. نتایج حاصل، حاکی از آن بود که محتوی رطوبت، چروکیدگی و تردی بافت محصول متاثر از درجه حرارت و مدت زمان فرآیند می‌باشد و تغییرات رنگ محصول تنها با درجه حرارت فرآیند به طور معنی داری ($p\leq0.05$) ارتباط دارد. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌ها، شرایط بهینه‌ی سرخ کردن تحت خلاء برش‌های کدو حلوایی دمای۸۴/۵۳ درجه‌ی سانتی گراد، فشار ۴۰ میلی بار و زمان ۱۸ دقیقه تعیین گردیدند.

واژه‌های کلیدی: بهینه سازی فرآیند، روش شناسی رویه‌ی پاسخ، سرخ کردن تحت خلاء، کدو حلوایی.

---

* مسوول مکاتبه : babakghiassi@hotmail.com

۱- مقدمه

سرخ کردن به روش غوطه‌وری[1] یکی از معمول‌ترین و قدیمی‌ترین فرآیندها در آماده سازی مواد غذایی است (۱۶). در روش سنتی و متداول، این عملیات فرآوری به صورت غوطه وری ماده‌ی غذایی در یک روغن یا چربی و حرارت دهی در دماهای بالاتر از نقطه‌ی جوش آب و تحت فشار محیط انجام می‌گیرد که حضور اکسیژن و دماهای بالا سبب تغییرات ساختاری در سطح و درون ماده‌ی غذایی، افت ارزش غذایی، اکسیداسیون چربی، قهوه‌ای شدن آنزیمی و کاهش ماندگاری روغن می‌گردد. همچنین این روش، باعث تشکیل ترکیبات ضد تغذیه‌ای مثل آکریل آمیدها و افزایش میزان جذب روغن توسط ماده‌ی غذایی می‌گردد (۱۲). با وجود این، طی سال‌های اخیر، مصرف کنندگان تمایل زیادی را نسبت به مصرف محصولات سرخ شده در روغن، به دلیل ترکیب بافت و طعم منحصر به فرد آن‌ها از خود نشان داده‌اند که از جمله این محصولات می‌توان به چیپس سیب زمینی، سیب زمینی سرخ شده و قطعات[2] مرغ و ماهی سرخ شده به روش سنتی اشاره نمود (۷ و۱۴).

سرخ کردن تحت خلاء، روش دیگری از سرخ کردن به روش غوطه وری در روغن است که ماده‌ی غذایی در یک سیستم بسته تحت خلاء قرار می‌گیرد که این امر نقطه‌ی جوش روغن سرخ کردنی و همچنین رطوبت موجود در ماده‌ی غذایی را کاهش داده و در نتیجه سرعت انتقال حرارت در داخل ماده‌ی غذایی افزایش یافته و مدت زمان سرخ کردن کاهش می‌یابد. سرخ کردن تحت خلاء، یک روش کارآمد جهت کاهش میزان روغن در محصولات سرخ شده است و علاوه بر این، میزان اکسیداسیون روغن طی این فرآیند کاهش می‌یابد (۶ و۷).

بسیاری از کشورهای آسیایی نظیر تایلند، ژاپن، تایوان از این فناوری جهت تولید اسنک با ارزش غذایی بالا استفاده می‌کنند. انتظار می‌رود این فناوری به بهبود تغذیه و سلامت از طریق تولید محصولاتی با طعم مناسب و ارزش غذایی بیشتر، مقدار چربی و ترکیبات ضد تغذیه ای کمتر کمک نماید (۷ و ۱۲و ۱۴).

در سال ۲۰۰۴ در تحقیقی اثر سرخ کردن تحت خلاء توسط Tichy و همکارانش بر روی تشکیل آکریل آمید در فرآوری چیپس سیب زمینی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج، نشان دادند که چیپس‌های سیب زمینی تهیه شده از طریق سرخ کردن تحت خلاء، حاوی ۹۴ درصد آکریل آمید کم تر نسبت به چیپس‌های حاصل از سرخ کردن به روش معمول هستند (۱۰).

برخی از این محصولات نظیر چیپس‌های سیب زمینی شیرین، چیپس سیب و چیپس سیب زمینی آبی[1] که تحت خلاء، سرخ شده اند در مقایسه با نمونه‌های تولید شده به روش معمولی، جذب روغن کم تر (طعم روغنی کم تر) ، رنگ مطلوب تر و طعم مناسب تری نشان دادند. سرخ کردن تحت خلاء، یک روش کارآمد جهت کاهش میزان روغن در مواد غذایی سرخ شده می‌باشد و کیفیت تغذیه‌ای محصولات را بهبود می‌بخشد. توسط این روش است که می‌توان محصولات حاصل از میوه‌ها و سبزی‌ها را با درجه‌ای از آبگیری لازم بدون تیره شدن و سوختگی بیش از حد محصولات تولید نمود (۶و۱۳ و ۱۴). در سال ۲۰۰۳ در تحقیقی چیپس‌های سیب زمینی و قطعات گواوا[3] حاصل از سرخ کردن تحت خلاء و روش معمولی توسط Yamsaengsung و همکارانش با یکدیگر از نظر رنگ و مقدار روغن، مقایسه شدند و نتایج نشان داد که طی سرخ کردن تحت خلاء این محصولات مقدار روغن کم تری داشته و نیز رنگ طبیعی آن‌ها بیش تر حفظ می‌شود (۱۷).

میوه‌ها و سبزی‌ها جز سالم‌ترین و مغذی‌ترین مواد غذایی به شمار می‌آیند. کدو حلوایی نیز یک محصول جالیزی مهم با ارزش غذایی بسیار بالا بوده که عمر نگه داری بالایی نیز دارد. این محصول دارای فیبر فراوان می‌باشد که‌یکی از بهترین عوامل جلوگیری کننده از چاقی مفرط، فشار خون بالا و بیماری‌های قلبی است. انجمن بیماران قلبی آمریکا مصرف ۲۵ تا ۳۰ گرم فیبر طبیعی را به طور روزانه به بیماران خود و افراد سالم جامعه برای پیشگیری از ناراحتی قلب، توصیه می کند (۲).

از آن جا که سالانه مقادیر زیادی از کدوحلوایی تولیدی به دلیل ضعف امکانات به هدر می‌رود و همچنین به دلیل نگرانی تولید کنندگان از عدم فروش کدوهای تولیدی، از حداکثر ظرفیت استفاده کامل نمی‌شود، در این تحقیق، امکان استفاده از روش سرخ کردن تحت خلاء به منظور فرآوری کدو حلوایی و همچنین تاثیر این فرآیند بر روی ویژگی‌های ارگانولپتیکی و ارزش غذایی آن مورد بررسی قرار گرفته است.

1- Deep-fat Frying
2- Stick

مهم ترین اهداف تحقیق به شرح زیر دسته بندی می‌گردد:

ـ بررسی اثرات متغیرهای فرآیند (دما، فشار و زمان) بر روی ویژگی‌های برش‌های سرخ شده کدو حلوایی (رطوبت، چروکیدگی، رنگ و تردی بافت)

ـ تعیین شرایط بهینه‌ی فرآیند سرخ کردن تحت خلاء کدو حلوایی

ـ ارزیابی حسی محصول و سنجش میزان پذیرش مصرف کننده

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش از روغن آفتابگردان با نام تجاری لادن جهت فرآوری قطعات کدو حلوایی استفاده گردید. روغن آفتابگردان حاوی بیش از ۸۵ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشد که بیش از دو سوم این مقدار را اسید لینولئیک به خود اختصاص می‌دهد. نقطه دود روغن آفتابگردان ۲۳۲ درجه‌ی سانتی گراد می باشد که به همین دلیل یکی از کاربردی‌ترین روغن‌های مورد استفاده در صنایع غذایی به حساب می‌آید. کدو حلوایی مورد استفاده در این پژوهش از واریته رشتی بود که به صورت تازه از منطقه‌ی گیلان تهیه گردید.

کلیه‌ی مواد آزمایشگاهی مورد نیاز جهت انجام این تحقیق شامل الکل اتیلیک، تولوئن، پترولیوم اتر، اسید سولفوریک، سود، سولفات مس، سولفات پتاسیم، فنل فتالئین، متیل رد، بروموکروزول، اسید بوریک و اسید کلریدریک از انواع با درجه‌ی آزمایشگاهی مرک آلمان مورد استفاده قرار گرفتند.

به منظور سرخ کردن قطعات کدو حلوایی و آماده‌سازی نمونه‌ها از یک دستگاه سرخ کن در مقیاس آزمایشگاهی با ظرفیت یک لیتر طراحی و ساخته شده توسط نویسنده‌ی مسوول مقاله استفاده شد که اجزاء آن شامل فشارسنج، محفظه سرخ کن، دماسنج، سیستم ایجاد خلاء، میله مرکزی و سبد توری بود.

جهت فرآوری، کدوهای حلوایی سالم و تازه پس از انتقال به آزمایشگاه شست و شو داده شده، خشک گردیده و پس از پوست گیری با چاقو توسط دستگاه اسلایسر به حلقه‌هایی به ضخامت ۱/۵ میلیمتر تبدیل شده و به مستطیل‌هایی با طول ۵۰ میلیمتر و عرض ۳۰ میلی‌متر تبدیل گردیدند. برش‌ها تا زمان شروع آزمایش‌ها در داخل یخچال نگه داری شدند. نمونه‌ها قبل از شروع هر آزمایش از داخل یخچال خارج شده و به مدت ۳۰ دقیقه تا شاخص رنگی نمونه‌ها شامل L^*، a^*، b^* توسط‌هانترلب ارزیابی گردید. a^* نشان دهنده‌ی رنگ قرمز – سبز ، L^* روشنایی بوده و b^* رنگ زرد – آبی می‌باشند. داده‌های سه جانبه‌هانتر L^*، a^* و b^* می‌توانند با استفاده از رابطه‌ی ۲ به‌یک تابع رنگی واحد که " رسیدن به دمای محیط در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. در ادامه، برش‌های کدو (به میزان ۱۲ عدد در هر فرآیند سرخ کردن) در سبد توری دستگاه سرخ کن قرار گرفته و ۶۰۰ میلی لیتر روغن در محفظه‌ی سرخ کن ریخته شد و هیتر دستگاه روشن گردید. پس از بستن درب محفظه و ایجاد دما و خلاء لازم، سبد نمونه‌ها توسط میله‌ی مرکزی، داخل روغن وارد شده و توسط شیر فشار شکن، میزان فشار مورد نیاز تنظیم گردید. پس از گذشت زمان مورد نیاز جهت تکمیل شدن فرآیند، خلاء شکسته شده و سبد حاوی برش‌های کدو حلوایی سرخ شده توسط بالا بردن میله مرکزی از داخل روغن خارج شدند. سپس برش‌های کدو حلوایی سرخ شده در دمای محیط قرار داده شدند تا خنک شده و توسط سانتریفیوژ دستی با سرعت ۷۵۰ دور در دقیقه، روغن سطحی چسبیده به محصول جدا شده و در نهایت، داخل بسته‌بندی پلی‌اتیلنی قرار گرفته و تا زمان آزمایش حداکثر به مدت یک هفته در دسیکاتور قرار داده شدند.

در این پژوهش، جهت تعیین میزان رطوبت کدو حلوایی خام و همچنین قطعات کدو حلوایی فرآوری شده از روش AACC شماره A ۱۵-۴۴ استفاده گردید(۳). به منظور تعیین میزان چروکیدگی کدو حلوایی فرآوری شده از روش جابه‌جایی سیال استفاده شد. بدین ترتیب که چروکیدگی تحت عنوان درصد تغییر حجم نمونه‌ی فرآوری شده نسبت به نمونه‌ی خام تعریف گردید و از رابطه‌ی زیر بدین منظور استفاده گردید(۵).

$$\%S = \left(\frac{V_i - V}{V_i}\right) \times 100$$

که در آن:

S= میزان چروکیدگی

V_i= حجم نمونه‌ی قبل از سرخ کردن (cm^3)

V= حجم نمونه‌ی پس از سرخ کردن (cm^3)

ارزیابی تغییرات رنگ در نمونه‌های فرآوری شده با استفاده از دستگاه‌هانترلب (Hunter lab Color Flex) انجام شد (۹).

تفاوت رنگ "[1] نام دارد، تبدیل شوند. " تفاوت رنگ " اندازه-گیری فاصله موجود بین دو رنگ در فضای رنگی است و نشانگر جهتی که رنگ‌ها از آن جهت متفاوت هستند نمی‌باشد. رنگ‌سنج ابتدا با استفاده از صفحه کالیبراسیون سیاه و سپس سفید کالیبره گردید و پس از آن نمونه‌ها یکی یکی داخل دستگاه قرار گرفتند و آزمون برای هر محصول در ۳ تکرار صورت پذیرفت.

رنگ چیپس‌های کدو حلوایی به وسیله‌ی بازتاب بر روی رنگ-سنج هانترلب اندازه‌گیری شده و تفاوت رنگ بین نمونه‌ی فرآوری شده و کدو حلوایی خام یعنی ΔE، به وسیله‌ی رابطه‌ی ذیل محاسبه گردید (۸).

$$\Delta E = \sqrt{(L - Lref)^2 + (a - aref)^2 + (b - bref)^2}$$

رابطه ۲-۲

جهت اندازه‌گیری میزان چربی موجود در کدو حلوایی خام و چیپس کدو حلوایی فرآوری شده تحت شرایط بهینه از روش سوکسله و حلال پترولیوم اتر طبق روش AOCS به شماره‌ی ۴۹-BC ۳ استفاده گردید(۴)

بررسی تردی نمونه‌های چیپس کدو توسط دستگاه بافت‌سنج Testometric مدل M350-10CT ساخت کشور انگلستان و با روش آزمون خمش سه نقطه‌ای[2] ارزیابی شد. در این آزمون، حداکثر دامنه‌ی بار، ۵۰ نیوتن و سرعت حرکت تیغه، ۱۰ میلی متر در دقیقه تعیین گردید (۷).

ارزیابی حسی در این پژوهش با استفاده از روش پذیرش مشتری[3] انجام گردید. این روش، جزء آزمون‌های مصرف کننده-گرا می‌باشد که در آن برای کسب اطلاعاتی درباره رفتارها و تمایلات مصرف کنندگان مواد غذایی، تعدادی ارزیاب به صورت تصادفی و به عنوان نماینده‌ی مصرف کنندگان بالقوه انتخاب می شوند. اعضای گروه ارزیابی مصرف کننده گرا، آموزش دیده نمی‌باشند و تنها مصرف کننده‌ی محصول، مورد آزمون می‌باشند (۱۱).

در این پژوهش به منظور تعیین شرایط بهینه‌ی فرآوری چیپس کدو حلوایی از روش رویه‌ی پاسخ‌ها و مدل اختصاصی CCD و طرح آزمایش‌ها با استفاده از نرم افزار آماری Design Expert محصول شرکت Stat-Ease ویرایش ۶،۰،۱۰ استفاده گردید.

همچنین جهت تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از ارزیابی حسی از نرم افزار آماری SPSS بهره برده شد.

۳- نتایج و بحث

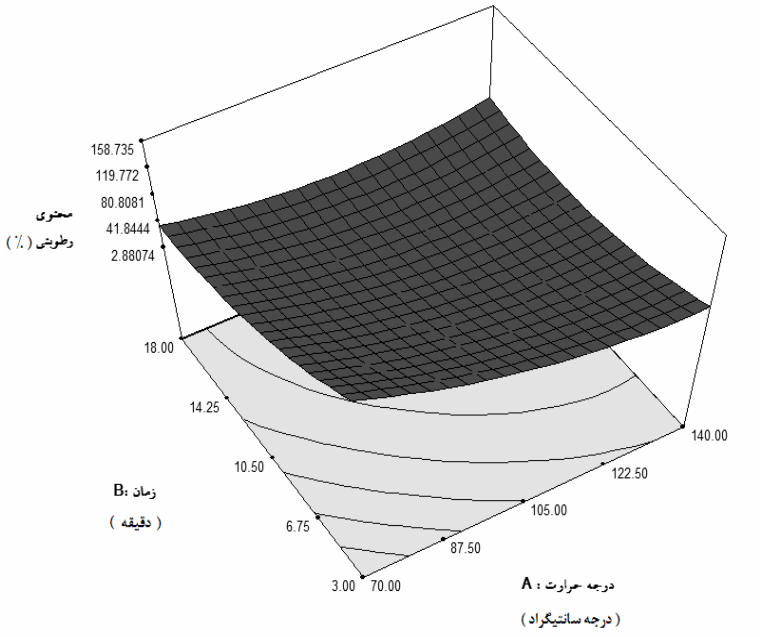
در این پژوهش، ابتدا با انجام پیش آزمایش‌ها و بررسی شاخص-های کیفی فرآورده، محدوده‌ی دما (۱۴۰-۷۰ درجه‌ی سانتی گراد)، فشار (۱۴۰-۴۰ میلی بار) و مدت زمان فرآیند (۱۸-۳ دقیقه) درنظر گرفته شد و سپس جهت تعیین طرح آزمایش‌ها و بهینه‌سازی فرآیند از مدل آماری رویه‌ی پاسخ استفاده گردید که متغیرهای مستقل در این روش دما، فشار درون محفظه و مدت زمان فرآیند و شاخص‌های کیفی فرآورده‌ی نهایی یا به عبارتی پاسخ‌ها شامل محتوی رطوبتی، میزان چروکیدگی، رنگ و تردی بافت محصول بودند. در ادامه، ۲۰ آزمون در شرایط پیشنهاد شده در نقشه‌ی آزمون‌ها صورت پذیرفت و با سه تکرار، آزمون‌ها جهت تعیین شاخص‌های کیفی انجام گردیدند.

با توجه به شاخص‌های کیفی مطلوب برای چیپس کدو حلوایی (رطوبت و چروکیدگی کم تر، تغییر رنگ در کم ترین حد و همچنین بیش ترین میزان تردی) و با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های فوق توسط روابط آماری و رویه‌ی پاسخ‌ها، مناسب‌ترین شرایط جهت فرآوری کدو حلوایی دمای ۸۴/۵۳ درجه‌ی سانتی گراد، فشار ۴۰ میلی بار و مدت زمان ۱۸ دقیقه برای فرایند تعیین گردید.

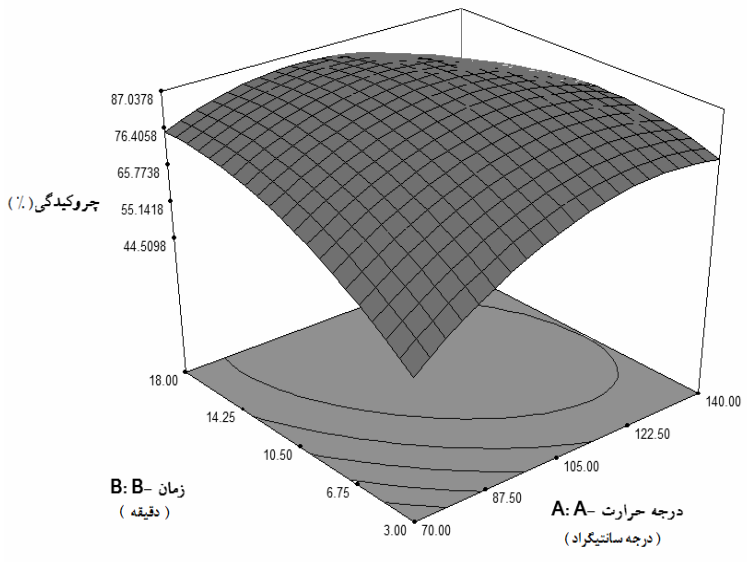
۳-۱- تاثیر شرایط فرآیند بر محتوی رطوبت فرآورده

محتوی رطوبتی برش‌های سرخ شده کدو حلوایی متاثر از دما و زمان فرآیند می‌باشد ($P \leq 0.05$). تراز رویه‌ی پاسخ محتوی رطوبتی نشان می‌دهد که محتوی رطوبتی چیپس‌های کدو حلوایی با افزایش دما و زمان کاهش می‌یابد. این در حالی است که فشار، اختلاف معنی داری را بر جای نمی‌گذارد. این امر به این دلیل می-باشد که با افزایش دما میزان بیش تری از رطوبت از محصول خارج شده و همچنین هر چه زمان بیش تر باشد، فرصت بیش تری برای خروج مقدار رطوبت نیز وجود دارد که در نتیجه، محتوی رطوبتی کم تر می‌شود. نتایج، حاکی از آن است که با افزایش فشار، محتوی رطوبت افزایش می یابد. این یافته‌ها با نتایج حاصل از تحقیقات Shyi-Liang Shyu و همکارانش در سال ۲۰۰۱ مطابقت دارد. در تحقیقی که توسط آن‌ها صورت پذیرفت اثرات پیش تیمار و شرایط فرآوری بر روی کیفیت چیپس‌های سیب

1 - Total color Difference (ΔE)
2- Three- Point Bending
3- Acceptance



شکل ۱- منحنی سه بعدی رویه‌ی پاسخ و تراز تاثیر دما و زمان فرآیند بر محتوی رطوبت



شکل ۲- منحنی سه بعدی رویه‌ی پاسخ و تراز تاثیر دما و زمان فرآیند بر چروکیدگی

مورد بررسی قرار گرفت. قطعات سیب آنزیم‌بری شده در محلول فروکتوز غوطه‌ور شده و پس از منجمدسازی اولیه توسط سرخ کردن تحت خلاء فرآوری شدند، آنالیز آماری توسط طرح CCD نشان داد که محتوی رطوبت چیپس‌های سیب به طور معنی‌داری با غلظت محلول قند، دمای سرخ کردن و مدت زمان سرخ کردن ارتباط دارد. به این صورت که با افزایش دما و مدت زمان سرخ کردن محتوی رطوبتی قطعات چیپس سیب کاهش می یابد (۱۵).

۳-۲- تاثیر شرایط فرآیند بر میزان چروکیدگی فرآورده

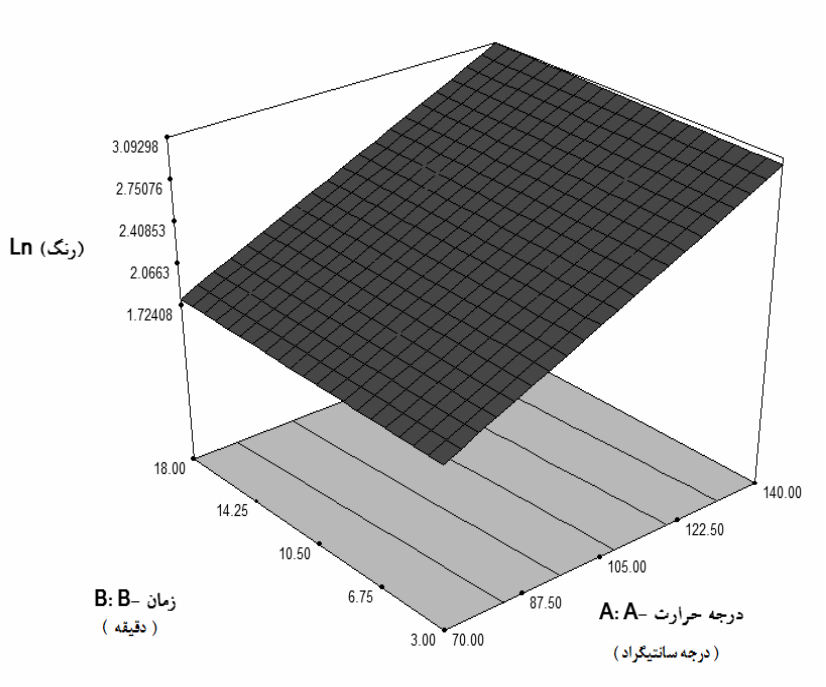
نتایج آزمون‌های آماری نشان دادند که میزان چروکیدگی برش-های کدو حلوایی سرخ شده تحت تاثیر فاکتورهای دما و زمان فرآیند می‌باشد ، در حالی که در مورد فشار رابطه‌ی معنی داری وجود ندارد. از آن جا که با افزایش دما و مدت زمان فرآیند، میزان رطوبت بیش تری از محصول خارج می‌گردد در نتیجه چروکیدگی بیش تری در محصول اتفاق می‌افتد. همچنین نتایج، نشان دادند که با افزایش فشار، میزان چروکیدگی محصول کاهش می‌یابد. دلیل این امر نیز این است که با افزایش فشار، میزان کم تری از رطوبت از محصول خارج شده و در نتیجه، میزان چروکیدگی کاهش می یابد. البته فشار، اختلاف معنی داری را بر جای نگذاشته است که این امر نیز به دلیل آن است که محدوده‌ی فشار در نظر گرفته شده در این پژوهش، پایین بوده و محصول در تمامی فشارها تحت خلاء سرخ گردیده است.

۳-۳- تاثیر شرایط فرآیند بر رنگ فرآورده

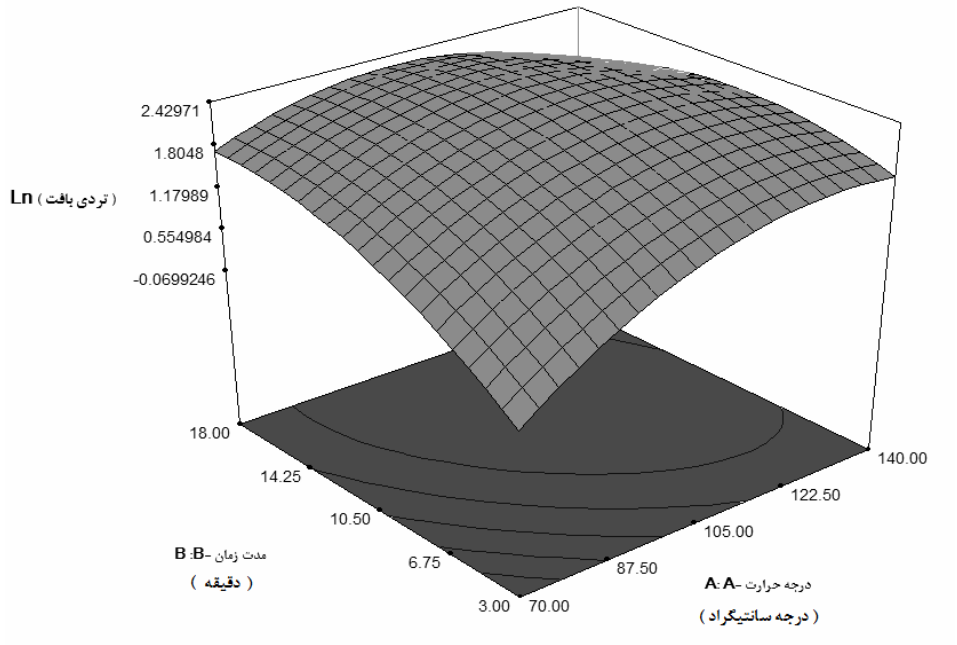
توسط نتایج حاصل از آزمون رنگ سنجی‌هانترلب تفاوت در میزان رنگ محصول فرآوری شده با ماده‌ی اولیه قبل از فرآوری که با فاکتور ΔE نشان داده می‌شود محاسبه گردید. بدین معنی که مقادیر زیاد فاکتور ΔE حاکی از کاهش کیفیت رنگ می‌باشد و در حقیقت، افزایش تفاوت رنگ محصول با ماده‌ی اولیه را نشان می‌دهد. با توجه به جدول آنالیز واریانس می‌توان به این نتیجه رسید که رنگ نهایی فرآورده (ΔE) به طور معنی داری تحت تاثیر دمای فرآیند قرار گرفته است درحالی که زمان و فشار در این رابطه، تاثیر معنی داری را برجای نمی‌گذارند. با توجه به مدل برازش شده، با افزایش دما تفاوت رنگ محصول با فرآورده‌ی اولیه افزایش می‌یابد. همچنین نتایج، حاکی از آن است که با افزایش فشار، میزان تغییر رنگ محصول نیز افزایش می‌یابد. دلیل این امر این است که با افزایش فشار دما و مدت زمان بیش تری جهت فرآوری محصول نیاز است و در نتیجه، میزان تغییر رنگ نیز افزایش می یابد اما اثر فشار، اختلاف معنی‌داری بر جای نگذاشته است. دلیل این امر نیز احتمالاً این است که محدوده‌ی فشار در این پژوهش در کل پایین بوده و در تمامی آزمون‌ها محصول تحت خلاء فرآوری شده است و به طور کلی دما تاثیر بیش تری نسبت به زمان و فشار بر تغییرات رنگ محصول داشته است. نتایج حاصل با نتایج تحقیق Mariscal و همکارانش در سال ۲۰۰۸ برابری می‌کند. در این تحقیق، سرخ کردن قطعات سیب حاصل از فرآیند تحت شرایط اتمسفریک و خلاء با یکدیگراز نظر میزان کاهش رطوبت مقایسه گردید. علاوه بر این، برخی از قطعات سیب قبل از سرخ کردن تحت خلا جهت بررسی تاثیر کلی تا حدی خشک شدند و نتایج، نشان دادند که رنگ محصولات سرخ شده تحت خلاء نسبت به روش معمول به طور چشمگیری حفظ می شود (۱۲). همچنین این یافته‌ها با نتایج تحقیق Da Silva و همکارانش نیز مطابقت دارد. نتایج تحقیق مذکور، حاکی از آن بود که محصولات حاصل از سرخ کردن تحت خلاء از لحاظ رنگ کاملاً نسبت به شرایط اتمسفریک برتری داشته و رنگ محصول در دما و فشار پایین تر و مدت زمان کم تر فرآیند بهتر حفظ می شود (۷).

۳-٤- تاثیر شرایط فرآیند بر میزان تردی فرآورده

جهت تعیین میزان تردی بافت فرآورده در این تحقیق از میزان نیروی لازم جهت شکستن چیپس‌های کدو حلوایی استفاده گردید. بدین صورت که نیروی کم تر، بیانگر تردی بیش تر فرآورده بود. نتایج آزمون‌های آماری، رابطه‌ی معنی داری را بین دما و زمان و تردی بافت نشان می‌دهد. به این صورت که با افزایش دما و زمان، میزان تردی بافت افزایش می‌یابد. احتمالاً این امر به این دلیل است که با افزایش دمای فرآیند سرخ کردن، میزان رطوبت بیش تری از محصول خارج گردیده و در نتیجه چیپس حاصل بافت تردتری پیدا می‌کند. همچنین با افزایش مدت زمان فرآیند، محصول زمان بیش تری دارد تا رطوبت از محصول خارج شده و درنتیجه بافت تردتر می‌شود درحالی که فشار، تاثیر معنی داری را بر جای نمی‌گذارد. نتایج، حاکی از آن است که با افزایش فشار، میزان تردی محصول کاهش می یابد. نتایج مذکور با نتایج Da Silva و همکارانش در سال ۲۰۰۸ مطابقت دارد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که محصولات فرایند شده در دماها و مدت زمان‌های بالاتر بافت تردتر و مطلوب تری دارد (۷).



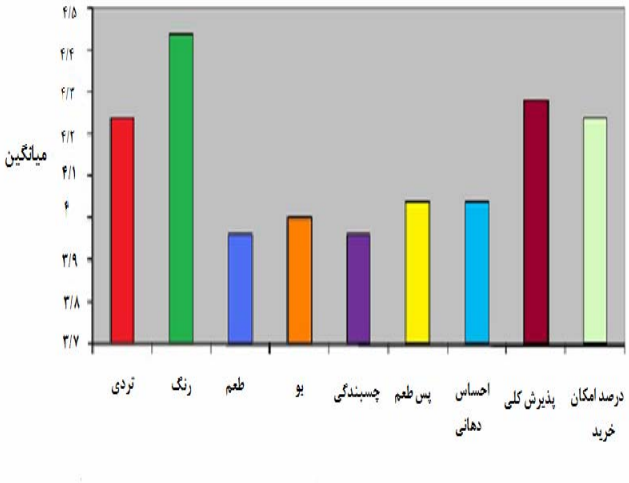
شکل ۳- منحنی سه بعدی رویه‌ی پاسخ و تراز تاثیر دما و زمان فرآیند بر رنگ



شکل ٤- منحنی سه بعدی رویه‌ی پاسخ و تراز تاثیر دما و زمان فرآیند بر میزان تردی بافت

۳-۵- نتایج حاصل از ارزیابی حسی

پس از انجام آزمون ارزیابی حسی، نتایج حاصل از آن توسط نرم افزار SPSS مورد تحلیل قرار گرفتند. مقایسه‌ی میانگین امتیازها در مورد هر کدام از فاکتورهای ارزیابی حسی محصول در نمودار ۳-۵ نشان داده شده اند. بالاترین میانگین امتیاز مربوط به فاکتور رنگ می‌باشد. رنگ چیپس کدو حلوایی مرغوب‌ترین فاکتور از نظر ارزیاب‌ها بوده است و با توجه به تحلیل‌های آماری میان میانگین هیچ یک از فاکتورهای مورد ارزیابی اختلاف معنی داری وجود ندارد.



شکل۵- نمودار نتایج حاصل از مقایسه‌ی فاکتورهای مورد بررسی در ارزیابی حسی محصول

٤ - نتیجه گیری

همگام با پیشرفت علم و فناوری، در صنایع‌غذایی هم تحولات شگرفی صورت گرفته است و به دلیل توجه بیش تر به سلامت مواد غذایی و افزایش جمعیت جهان و تلاش جهت جلوگیری از افزایش ضایعات مواد غذایی، امروزه‌یکی از مهم ترین اهداف در صنعت غذا و مهندسی صنایع غذایی به کارگیری تجهیزات و فن آوری‌های نوین جهت تولید محصولاتی جدید، از طریق روش-های جدید می‌باشد. هدف اصلی از به کارگیری این روش‌ها، اصلاح کیفیت و ایمنی مواد غذایی به طور همزمان می‌باشد. علاوه بر این، روش‌های مذکور سبب صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش مشکلات زیست محیطی نیز می‌شوند. یکی از مهم ترین و جدیدترین روش‌ها جهت فرآوری مواد غذایی سرخ کردن تحت خلاء می‌باشد که امروزه به عنوان جایگزین مناسبی جهت فرآوری اسنک‌ها از میوه‌ها و سبزی‌ها با محتوی روغن کم تر و خصوصیات کیفی مناسب‌تر استفاده می‌شود. در حالی که تاکنون با وجود خصوصیات مطلوب و منحصر به فرد محصول فرآوری شده از طریق این روش و سریع بودن آن و همچنین حفظ بیش تر ارزش تغذیه‌ای فرآورده‌ها توجه چندانی به این فن‌آوری به خصوص در کشور ما ایران نشده است. از طرف دیگر، کدو حلوایی محصولی با ماندگاری و ارزش تغذیه‌ای بالا می‌باشد که طعم آن نیز مطلوب و مورد پسند است. با وجود این، هیچ گونه فرآوری بر روی این محصول انجام نشده و میزان ضایعات آن در کشورمان بسیار بالا می‌باشد. با استفاده از روش سرخ کردن تحت خلاء قطعات کدو حلوایی، می‌توان به محصولی جدید و با طعم و بافت مطلوب با ارزش تغذیه‌ای بالا با صرف هزینه و زمان اندک دست یافت. نتایج به دست آمده از این تحقیق حاکی از آن است که روش سرخ کردن تحت خلاء می‌تواند روشی مناسب جهت فرآوری کدو حلوایی باشد.

۵-منابع

۱- غیاثی طرزی، ب. ۸۷-۱۳۸۶. بررسی فرآیند سرخ کردن قارچ خوراکی در خلأ و تأثیر آن بر کیفیت روغن مورد استفاده.رساله‌ی دکتری رشته‌ی مهندسی کشاورزی، علوم و صنایع غذایی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات- دانشکده‌ی کشاورزی.

۲- کیانی، ک. ۱۳۸۸. *خواص میوه‌ها و سبزی‌ها بر اساس کشفیات جدید علمی*. انتشارات زر قلم.

3- AACC. 1986. *Approved methods of the American Association of CerealChemists. Minneapolis, MN: AACC.*

4- AOCS. 1997. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 5th ed. The American Oil Chemists' Society Champaign, Illinois

5- American Association of Cereal Chemists. 1983. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists AACC*, Inc.: St. Paul, Minnesota.

6- Cauellas J., Rossello C., Simal S., Soler L. 1993. Storage conditions affect quality of raisins. *Journal of Food Science*, 58(4):805-809.

7- Da Silva, P. F and Moreira, R. G. 2008. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks, *Food Science and Technology*, 41: 1758-1767.

8- Deman, J.M. 1999. *Principles of food chemistry*, An Aspen publication, third edition.

9- Garayo, J and R. Moreira. 2002. Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55: 181-191.
10- Granda, C., R. Moreira., & Tichy, S. E. 2004. Reduction of acrylamide formation in potato chips by low-temperature vacuum frying. *Journal of Food Science*, 69(8), 405-411.
11- Kemp, S., T. Hollowood and J. Hort, 2009. *Sensory Evaluation*. Wiley Black -Well.
12- Mariscal, M and Bouchon P. 2008. Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. *Journal of Food chemistry*, 107: 1561-1569.
13- Passos, M. and Ribeiro C. P.. 2009. Innovation in food engineering: New Techniques and Products. contemporary food engineering series.
14- Shyu, S. L., Hau L. B. and Hwang L. S.. 1998. Effect of vacuum frying on the oxidative stability of oils, Graduate Institute of Food Science and Technology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 106, Republic of china.
15- Shyu, S. L., and L. S. Hwang. 2001. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food research International* 34: 133-142.
16- Varela, G. 1988. Current facts about the frying of food. In G. Varela, A.E. Bender, & I. D. Morton (Eds.), Frying of food: Principles, changes, new approaches (pp. 9–25). Chichester: Ellis Horwood.
17- Yamsaengsung, R and M. Ngamnuch. 2003. Transient Changes in Temperatures and Pressure during Vacuum Frying of Bananas in a Pilot-Scale. Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University