**علمی پژوهشی**

# بهینه یابی شرایط تولید ورقه‌های کدو سبز سرخ شده کم چرب با استفاده از روش سطح پاسخ

اشرف گوهری اردبیلی[۱*]، نرجس آقاجانی[۲]، امیر دارائی گرمه خانی[۳]

۱- استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی بهار، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۲- استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی بهار، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. .
۳- استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و منابع طبیعی تویسرکان، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

**(تاریخ دریافت: ۹۷ /۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۰)**

## چکیده

مواد غذایی سرخ کردنی به سبب طعم و مزه و احساس دهانی مطلوب از محبوبیت ویژه‌ای برخوردار هستند اما در مقابل حاوی مقدار زیادی روغن می‌باشند. زمان و دمای سرخ کردن و پوشش دهی قبل از سرخ کردن از مهم‌ترین عوامل موثر بر میزان روغن در فرآورده‌های سرخ شده می‌باشند. در این پژوهش اثر غلظت‌های مختلف صمغ دانه بالنگو به عنوان پوشش در سه سطح (۰، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی-حجمی)، دما (۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی-گراد) و زمان سرخ کردن (۲، ٤ و ٦ دقیقه) بر خواص کیفی و ویژگی‌های حسی ورقه‌های کدو سبز سرخ شده بررسی و با استفاده از روش سطح پاسخ بهینه یابی شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت صمغ در پوشش، اتلاف رطوبت و میزان جذب روغن فرآورده کاهش یافت اما با افزایش زمان و دمای سرخ کردن، میزان رطوبت محصول کاهش و جذب روغن نمونه‌ها افزایش یافت. روشنایی ($L^*$) فرآورده با افزایش زمان و دمای سرخ کردن و افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو کاهش یافت. در بین فاکتورهای مورد مطالعه به ترتیب دمای سرخ کردن > زمان سرخ کردن > غلظت صمغ دانه بالنگو بر روی فاکتورهای رنگی $a^*$ و $b^*$ فرآورده مؤثر بودند. نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که پذیرش کلی ورقه‌های کدو سبز سرخ شده با افزایش زمان و دمای سرخ کردن افزایش می‌یابد اما با افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو کاهش جزیی داشت. نتایج بهینه‌سازی نشان داد که زمان سرخ کردن ۲ دقیقه، غلظت صمغ دانه بالنگو ۱٤/۳۱ درصد و دمای سرخ کردن ۱۷۷ درجه سانتی‌گراد، شرایط بهینه فرآیند سرخ کردن ورقه‌های کدو سبز بوده و با شرایط مذکور پارامترهای حسی و کیفی محصول به صورت بهینه حفظ می‌شود. استفاده از پوشش صمغ دانه بالنگو می‌تواند منجر به تولید محصول کدو سبز سرخ شده کم چرب بدون تأثیر نامطلوب بر خواص حسی و کیفی محصول شود.

**کلید واژگان:** ورقه‌های کدو سبز، صمغ دانه بالنگو، پوشش دهی، سرخ کردن عمیق، روش سطح پاسخ.

* مسئول مکاتبات: a.gohari@basu.ac.ir

## ۱- مقدمه

سرخ کردن از متداول‌ترین روش‌های فرآوری است که طی آن ماده غذایی در روغن داغ غوطه‌ور شده، در معرض اکسیژن محیط، رطوبت ناشی از ماده غذایی و دمای بالا قرار می‌گیرد و انتقال هم‌زمان جرم و حرارت صورت می‌پذیرد [۱]. محبوبیت و رواج این روش پخت ماده غذایی به دلیل سرعت و همچنین تولید ماده غذایی با طعم بسیار خوشایند است [۲]. با استفاده از این روش آماده‌سازی، ماده غذایی با طعم دل‌پذیر، بافت ترد و ظاهر طلایی مطلوب تولید می‌شود. بر خلاف هشدارهای روزافزون در مورد جذب چربی رژیم غذایی، محبوبیت غذاهای سرخ شده در حال گسترش است [۳]. طی فرآیند سرخ کردن، انرژی حرارتی از روغن که محیطی آب گریز است به ماده غذایی که عمدتاً آب دوست است، منتقل می‌شود. در شروع فرآیند پخت، آب از بخش‌های داخلی ماده غذایی به سطح آن انتشار می‌یابد و از آنجا به صورت بخار خارج می‌گردد. پس از تبخیر حدود ٦٠ درصد آب، روغن به داخل حفرات و لوله‌های موئین ماده غذایی نفوذ می‌کند [٤]. عوامل بسیاری جذب روغن را در غذاهای سرخ‌شده تحت تأثیر قرار می‌دهند که می‌توان آن‌ها را به دو دسته خصوصیات ذاتی مواد غذایی سرخ‌شده (ترکیبات موجود در فرآورده، میزان رطوبت، شکل، تخلخل، کشش سطحی اولیه و اندازه پوسته) و عوامل خارجی (ترکیب و کیفیت روغن، دما و زمان سرخ کردن و روش‌های سرخ کردن) تقسیم بندی کرد [٥]. یکی از مشکلات اصلی در ارتباط با مواد غذایی سرخ‌شده میزان روغن بالای آن‌ها است [٦]. اگرچه به دلیل ظاهر و بافت مطلوب، هنوز غذاهای سرخ‌شده با میزان چربی بالا محبوب باقی مانده‌اند [۷]؛ به هر حال به دلیل افزایش سطح آگاهی مصرف‌کنندگان، تقاضا برای مواد غذایی با بافت، طعم و مزه یکسان اما با کالری و میزان چربی پایین‌تر افزایش یافته است [٥ و ٨]. بنابراین در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه کاهش جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن عمیق انجام شده است. کاهش جذب روغن به روش‌های متعددی صورت می‌گیرد که شامل بهبود روش سرخ کردن از طریق خارج کردن روغن از ماده غذایی پس از سرخ کردن (به روش‌هایی مانند زهکشی و تکاندن)، استفاده از زمان و دمای سرخ کردن مناسب و بهبود محیط سرخ کردن از طریق کنترل ویژگی‌های سطح ماده غذایی یا پوشش آن و گرانروی یا ویژگی‌های خیس کنندگی روغن می‌باشد [۹]. امروزه عرضه فرآورده‌های سالم‌تر با جذب روغن کمتر از مهم‌ترین دغدغه‌های تولیدکنندگان می‌باشد. از آن جایی که ویژگی‌های سطح مواد غذایی در جذب چربی مهم است، استفاده از پوشش برای کاهش جذب چربی راهکاری مناسب به نظر می‌رسد. این پوشش می‌تواند "نازک و نامرئی" یا مانند یک " خمیر ضخیم" باشد. ویژگی‌های یک پوشش مناسب به منظور کاهش جذب چربی عبارتند از میزان رطوبت پایین، نفوذپذیری کم در مقابل رطوبت، توانایی تشکیل صمغ توسط حرارت[1] یا تشکیل پیوند عرضی[2]. هدف از وجود این ویژگی‌ها در پوشش کمک به کاهش از دست‌رفتگی رطوبت و یا تغییر ساختار سطح تشکیل‌شده پس از سرخ کردن می‌باشد [۹]. ترکیبات ماده غذایی و رطوبت از پارامترهای کاهش جذب روغن در سطح می‌باشند. در واقع نیاز است که فقط لایه بیرونی ماده غذایی رطوبت کمی داشته باشد، که این امر با اعمال پوشش دهی در سطح قابل دست‌یابی است [۹]. پوشش‌ها به دلیل عملکرد خود به عنوان دیواره از انتقال رطوبت و اکسیژن به طور نسبی جلوگیری می‌کنند. از این رو، سرعت هیدرولیز و اکسایش روغن در طول انبارداری کاهش می‌یابد بنابراین فرآورده‌های پوشش داده شده ماندگاری بالاتری دارند [۱۱]. اجزاء تشکیل دهنده پوشش‌های خوراکی می‌توانند هیدروکلوئیدها، چربی‌ها یا ترکیبی از هر دو باشد. تمایل به استفاده از هیدروکلوئیدها به علت اینکه آن‌ها خواص سد کنندگی خوبی نسبت به اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و چربی‌ها نشان می‌دهند بیشتر است. هیدروکلوئیدهایی که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل پروتئین‌ها، مشتقات سلولز، آلژینات‌ها، پکتین، نشاسته و سایر پلی‌ساکاریدها می‌باشند [۱۲]. مطالعات مختلفی در ارتباط با کاربرد مواد هیدروکلوئیدی مختلف در تولید محصولات سرخ شده صورت گرفته است که بیان‌گر تأثیر این مواد بر کاهش جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن عمیق می‌باشند. تأثیر مثبت هیدروکلوئیدهای کتیرا، پکتین، کربوکسی متیل سلولز، گوار و زانتان در تولید چیپس و خلال نیمه سرخ شده کم چرب توسط دارائی گرمه‌خانی و همکاران در سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۱۱ و ۲۰۱٤ گزارش شده است [۱٥-۱۳]. همچنین آقاجانی و همکاران (۱۳۹۷) نقش مثبت ژل آلوئه‌ورا در ممانعت از جذب روغن و بهبود خواص کیفی چیپس هویج سرخ شده را گزارش نمودند [۱٦]. بالنگو با نام علمی Royleana lallemantia

1. Thermogelling
2. Cross linked

گیاهی لعاب دار بومی از تیره نعناعیان است که هیدروکلوئید دانه آن به طور عمده از پلی ساکاریدها (حدود ٦١/٧٤ درصد) تشکیل شده است. با وجود استفاده از سایر صمغ‌ها، از آنجا که این صمغ بومی تاکنون به عنوان پوشش در فرآوری مواد غذایی سرخ شده مورد استفاده قرار نگرفته است، از این رو، هدف از پژوهش حاضر امکان کاهش میزان جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن عمیق، با استفاده از پوشش دهی حلقه‌های کدو سبز قبل از فرآیند سرخ کردن می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- تهیه مواد اولیه

در این پژوهش نمونه‌های کدو سبز از بازار محلی در سطح شهر همدان تهیه و به منظور کاهش فعالیت‌های تنفسی و بیولوژیکی تا زمان انجام آزمایش‌ها در یخچال نگهداری شدند. برای تهیه محلول پوشش دهنده، دانه بالنگو از عطاری‌های محلی تهیه شد. همچنین برای سرخ کردن از روغن آفتاب گردان مخصوص سرخ کردنی (شرکت بهار، تهران، ایران) استفاده شد.

### ۲-۲- آماده سازی محلول‌های پوشش دهی

برای تهیه‌ی سوسپانسیون‌ها، دانه بالنگو به منظور هیدراتاسیون کامل به مدت ٢٤ ساعت در آب با دمای محیط خیسانده شد و سپس صمغ آن با استفاده از پارچه صافی از دانه جدا و توسط همزن خانگی (شرکت نوواک، مدل ST- A05، ژاپن) همگن و یکنواخت شد. برای تهیه‌ی محلول‌ها از آب مقطر با دمای محیط استفاده و محلول‌های ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی-حجمی تهیه گردید.

### ۲-۳- آماده سازی و پوشش دهی کدو سبز

پس از خروج از یخچال نمونه‌های دارای اندازه یکنواخت برای آزمایش‌ها انتخاب شدند. نمونه‌های منتخب پس از شستشو و پوست گیری با پوست کن دستی تیز به صورت ورقه‌هایی حلقوی با ضخامت ۵ میلی‌متر برش داده شدند. ضخامت ورقه‌ها با کولیس دیجیتال (آکاد، مدل ۱۱۱-۰۰٦-۱۲، چین) کنترل شد. سپس تمامی نمونه‌ها توزین و وزن آن‌ها ثبت گردید. پس از آن نمونه‌ها به مدت ۱ دقیقه در محلول‌های تیمار (نسبت محلول به ورقه‌های کدو سبز ۳ به ۱) در دمای اتاق قرار داده شدند و سپس روی صافی قرار گرفتند تا محلول اضافی خارج شود و مجدداً توزین شدند.

### ۲-٤- سرخ کردن ورقه‌های کدو سبز

برای این منظور نمونه‌ها در سرخ کن خانگی (دلونگی F13232، ساخت کشور ایتالیا) در روغن آفتاب گردان مخصوص سرخ کردنی (شرکت بهار، تهران، ایران) در درجه حرارت‌های ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ سانتی‌گراد به مدت ۲، ٤ و ٦ دقیقه سرخ شدند. نمونه‌ها پس از سرخ شدن روی صافی قرار گرفته تا روغن اضافی آن‌ها خارج شود و پارامترهای مورد نظر بررسی شدند [۹ و ۱۳].

### ۲-۵- ارزیابی کیفی فرآورده

جهت ارزیابی تأثیر متغیرهای سرخ کردن و غلظت پوشش دهی بر خواص کیفی فرآورده، فاکتورهای زیر بررسی شد:

۲-۵-۱- ماده خشک و رطوبت: ماده خشک و رطوبت در آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد (ممرت، UN30/UF30، آلمان) طی مدت ٢٤ ساعت اندازه‌گیری شد [۹ و ۱۳].

**۲-۵-۲- میزان جذب روغن**

میزان جذب روغن با اندازه‌گیری مقدار چربی نمونه‌های سرخ‌شده به روش استخراج سرد انجام شد. برای این کار، نمونه‌ها در ۲ تکرار در حلال ان هگزان هر بار به مدت ٤٨-٢٤ ساعت قرار داده شدند [۹ و ۱۳].

**۲-۵-۳- رنگ نمونه‌ها**

تغییرات رنگ نمونه‌های سرخ شده با استفاده از روش پردازش تصویر و عکس‌برداری از نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال (مدل ST69، شرکت سامسونگ، کره جنوبی، با بزرگ‌نمایی ١٨٣٦×٣٢٦٤) و تجزیه و تحلیل پارامترهای رنگی با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ (نسخه‌ی Adobe Photoshop cs6) انجام شد. پارامترهای رنگی $L^*$، $b^*$، $a^*$، توسط نرم‌افزار فتوشاپ تعیین و سپس اختلاف رنگ کلی نمونه ($\Delta E$) با نمونه‌های شاهد (قبل و بعد از سرخ کردن) از رابطه‌ی ۱ محاسبه شد [١٦]:

(۱)

$$\Delta E_{ab}^{*} = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

که زیر نویس های ۲ و ۱ به ترتیب بیانگر نمونه‌های تیمار با نمونه شاهد می‌باشد.

### ۲-٦- ارزیابی حسی محصول

به منظور بررسی ویژگی‌های حسی و کیفی ورقه‌های کدو سبز سرخ‌شده از آزمون حسی و روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد. ابتدا توضیحاتی در مورد رنگ، بافت، طعم و مزه و ظاهر محصول داده شد و نمره دهی بر اساس خیلی خوب=۱، خوب=۲، نه خوب و نه بد= ۳، بد=٤ و خیلی بد=۵ انجام شد. تعداد ارزیاب‌ها ۷ نفر بودند که کلیه نمونه‌های تولید شده جهت ارزیابی حسی در سه تکرار به آن‌ها ارائه و نظرات آن‌ها ثبت شد [۹ و ۱۳].

### ۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری و بهینه یابی

به منظور بهینه یابی خواص کیفی ورقه‌های کدو سبز سرخ شده تحت تأثیر غلظت صمغ دانه بالنگو، دما و زمان فرآیند سرخ کردن از روش سطح پاسخ و نرم‌افزار (6.0.2) Design Expert استفاده گردید. به این منظور طرح مرکب مرکزی با ۳ سطح و ۵ تکرار در نقطه مرکزی برای بررسی خواص کیفی ورقه‌های کدو سبز سرخ شده مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

Table 1 Independent variables and their levels used for optimizing quality attributes of fried zucchini slices under different conditions of deep fat frying process

| Independent variables | Actual levels of independent variables | | |
|---|---|---|---|
| | -1 | 0 | +1 |
| frying time (min) | 2 | 4 | 6 |
| frying temperature (°c) | 150 | 170 | 190 |
| Balangu seed gum concentration (w/v%) | 0 | 10 | 20 |

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- ماده خشک و رطوبت

روند تغییرات مقدار رطوبت و ماده خشک نمونه‌های کدو سبز سرخ شده تحت تأثیر هم‌زمان ۱) غلظت صمغ دانه بالنگو- زمان سرخ کردن، ۲) غلظت صمغ دانه بالنگو- دمای سرخ کردن و ۳) زمان– دمای سرخ کردن به ترتیب در بخش a و b شکل (۱) ارائه شده است. همان‌طور که از بخش‌های a۱ و a۲ (شکل ۱) ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو میزان رطوبت نمونه‌ها حفظ شده و روند صعودی دارد در حالی که با افزایش زمان و دمای سرخ کردن از میزان رطوبت نمونه‌های کدو سبز سرخ شده کاسته می‌شود. افزایش رطوبت نمونه‌های پوشش دهی شده به علت خاصیت سدکنندگی صمغ دانه بالنگو می‌باشد که مانع خروج رطوبت در حین سرخ شدن می‌شود و به دنبال آن انتظار می‌رود که میزان جذب روغن نیز کاسته شود. محققین مختلف با بررسی تأثیر پوشش‌های هیدروکلوئیدی بر خواص کیفی محصولات سرخ‌شده بیان داشتند که استفاده از پوشش‌های هیدوکلوئیدی با جلوگیری از اتلاف رطوبت باعث کاهش جذب روغن نمونه‌ها طی فرآیند سرخ شدن عمیق می‌شود که نتایج این تحقیق با نتایج دیگر پژوهشگران [۲۲-۱۳] مطابقت داشت. در مطالعه اثر پوشش‌های متیل سلولز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و زئین ذرت در یک محصول نشاسته‌ای بدون چربی، مالیکارجونان و همکاران (۱۹۹۷) مشاهده نمودند که میزان کاهش رطوبت در مقایسه با نمونه شاهد به ترتیب ۱٤/۹ درصد، ۲۱/۹ درصد و ۳۱/۱ درصد و میزان کاهش جذب روغن به ترتیب ۵۹ درصد، ٦۱/٤ درصد و ۸۳/٦ درصد بود [۲۳]. در حین فرآیند سرخ کردن عمیق، آب داخل ماده غذایی با افزایش دمای سرخ‌کن به مقدار بالاتری به بخار تبدیل شده که باعث افزایش فشار بخار داخل ماده غذایی و تسریع انتقال جرم (خروج رطوبت و جذب روغن) می‌شود و هرچه زمان فرآیند سرخ کردن طولانی‌تر شود میزان تبخیر آب درون بافتی افزایش می‌یابد که همین امر موجب افزایش اتلاف رطوبت با افزایش زمان و دمای سرخ کردن (بخش ۳ a از شکل ۱) می‌شود که با نتایج پژوهش دارائی گرمه‌خانی و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت داشت [۱۳]. تغییرات ماده خشک نمونه‌های سرخ شده روندی متضاد با مقدار رطوبت نمونه‌های سرخ شده داشت و با افزایش زمان و دمای سرخ کردن مقدار ماده خشک افزایش یافت اما با افزایش غلظت صمغ در پوشش مقدار ماده خشک به علت حفظ رطوبت روند نزولی داشت (بخش‌های ۳-۱b از شکل ۱).

### ۳-۲- میزان جذب روغن

شکل ۲ تأثیر هم‌زمان a) غلظت صمغ دانه بالنگو- زمان سرخ کردن، b) غلظت صمغ دانه بالنگو- دمای سرخ کردن و c)

زمان– دمای سرخ کردن بر میزان تغییرات جذب روغن نمونه‌های کدو سبز سرخ شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در بخش‌های a و b شکل ۲ مشاهده می‌شود با افزایش زمان و دمای سرخ کردن مقدار جذب روغن افزایش می‌یابد در حالی که با افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو میزان جذب روغن روند نزولی دارد که می‌تواند به علت خاصیت سدکنندگی پوشش باشد. همان‌طور که در شکل ۲ (c) مشاهده می‌شود دمای سرخ کردن نسبت به زمان سرخ کردن تأثیر بیشتری بر جذب روغن دارد. به عبارت دیگر با افزایش دمای سرخ کردن در زمان‌های پایین میزان جذب روغن کمتر است اما در زمان‌های طولانی میزان جذب روغن افزایش شدیدی دارد. سرخ کردن بر جریان متقابل بخار آب (حباب) و روغن مخصوص سرخ کردنی در سطح محصول دلالت دارد [۲۴]. پوشش دهی ورقه‌های کدو سبز منجر به کاهش میزان جذب روغن شد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج به دست آمده توسط سایر محققین مطابقت داشت [۱۴–۱۵، ۲۱–۱۸]. تخلخل و توزیع اندازه منافذ از خواص فیزیکی موثر بر انتقال جرم طی فرآیند سرخ کردن عمیق مواد غذایی می‌باشد [۲۵]. پوشش دهی به عنوان یک پیش تیمار سطحی، منجر به کاهش سطح تخلخل می‌شود. همچنین به عنوان مانعی در برابر جذب روغن عمل می‌کند و از کاهش رطوبت در حین سرخ کردن نیز جلوگیری می‌کند [۲۶]. کاهش جذب روغن ممکن است به کاهش زبری سطح مربوط باشد چرا که تغییر احتمالی در تخلخل ورقه‌های کدو سبز و پیوستگی متفاوت آب میزان انتشار آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲۷].

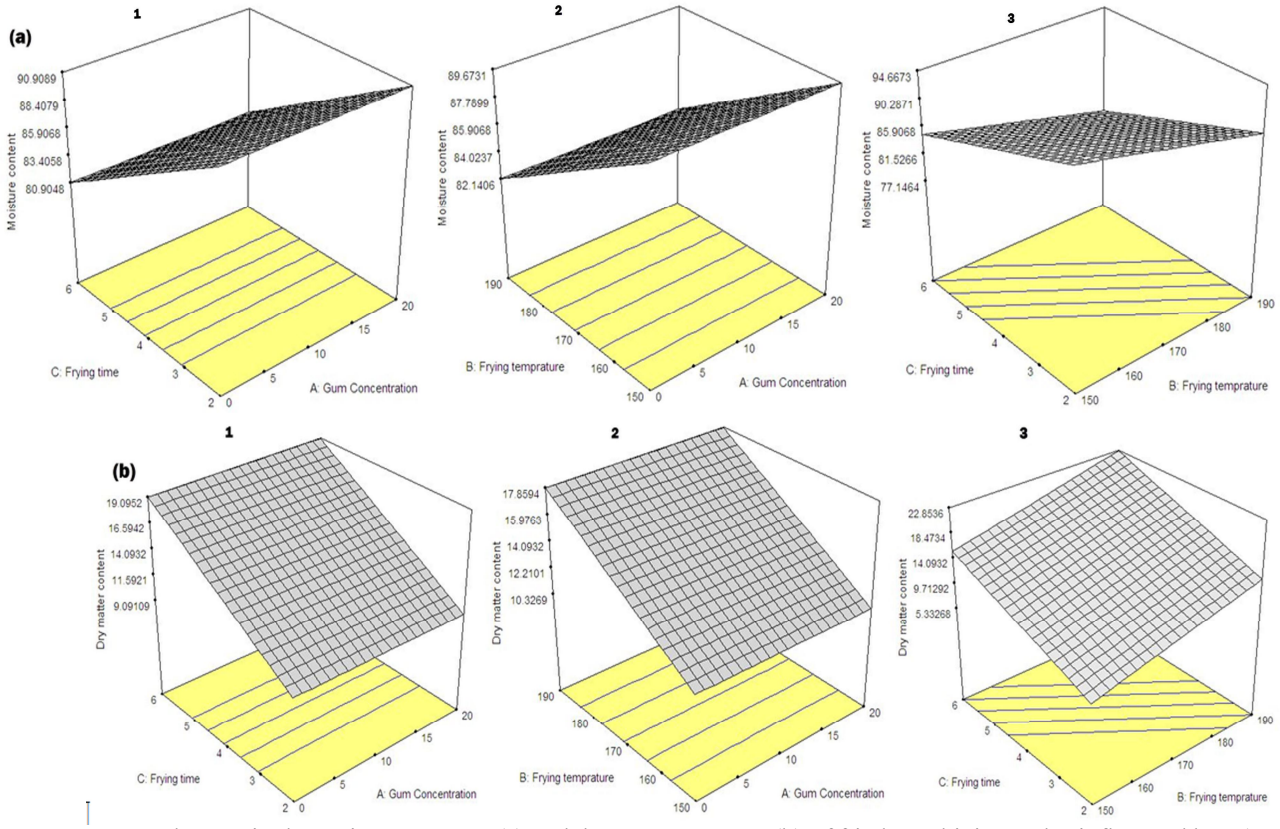


**Fig 1** Changes in the moisture content (a) and dry matter content (b) of fried zucchini samples influenced by: 1) Balangu seed gum concentration and frying time (frying temperature 170°C); 2) Balangu seed gum concentration and frying temperature (frying time 4 min.) and 3) frying temperature and time (Balangu seed gum concentration 10%)

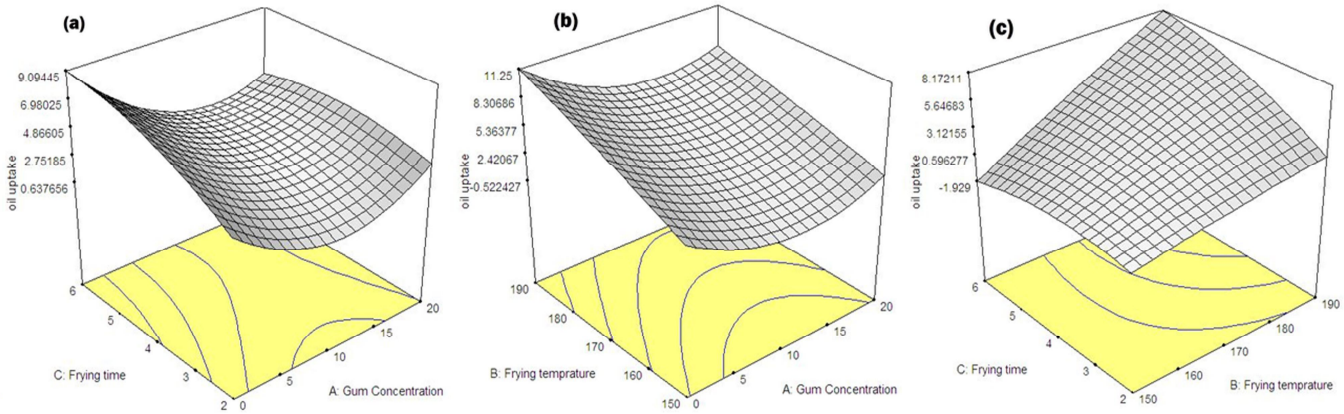


**Fig 2** Changes in the amount of oil absorption of fried zucchini samples influenced by: a) Balangu seed gum concentration and frying time (frying temperature 170°C); b) Balangu seed gum concentration and frying temperature (frying time 4 min.) and c) frying temperature and time (Balangu seed gum concentration 10%)

علاوه بر این، پوشش دهی باعث کاهش منافذ در سطح پوسته شده که با کاهش ضریب انتشار روغن همراه است. کاهش جذب روغن به آب دوست بودن پوشش‌های پلی‌ساکاریدی نیز نسبت داده شده که موجب کاهش حلالیت روغن در ورقه‌های کدو سبز می‌شود [۲۸]. همچنین دما و زمان از عوامل مهم موثر در فرآیند سرخ کردن عمیق می‌باشند. دما و زمان سرخ کردن مقدار کل انرژی حرارتی منتقل شده به قطعه مواد غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و با یکدیگر ارتباط نزدیکی دارند. در درجه حرارت بالا و زمان سرخ کردن کوتاه انتظار می‌رود میزان روغن جذب‌شده کاهش یابد. بنابراین محققین مهم‌ترین عامل جهت بدست آوردن یک محصول خوب را درجه حرارت عنوان کردند و برخی آن را به تغییر کاهش گرانروی روغن نسبت دادند. با این حال گزارش-هایی نیز مبنی بر عدم افزایش میزان جذب روغن در دماهای کمتر از ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد وجود دارد. همچنین برخی پژوهشگران دریافتند که میزان جذب روغن در دماهای ۱۵۰ و ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دماهای ۲۰۵ و ۲۱۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر می‌باشد [۲۹].

## ۳-۳- تغییرات شاخص‌های رنگی نمونه‌های کدو سبز سرخ شده با استفاده از روش پردازش تصویر

نتایج تأثیر متقابل متغیرهای زمان– دمای سرخ کردن، زمان سرخ کردن- غلظت صمغ دانه بالنگو و غلظت صمغ دانه بالنگو– دمای سرخ کردن بر شاخص‌های رنگی نمونه‌ها در شکل ۳ آورده شده است. همان‌طور که در تصاویر ۱، ۲ و ۳ شکل ۳ (a) ملاحظه می‌شود با افزایش زمان و دمای سرخ کردن و افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو از میزان روشنایی ($L^*$) نمونه‌های کدو سبز سرخ شده کاسته شد که می‌تواند به دلیل واکنش کاراملیزاسیون و قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در حین سرخ کردن عمیق باشد که در اثر واکنش بین اسیدهای آمینه و مولکول‌های قندی احیاکننده موجود در ساختار صمغ دانه بالنگو باشد. با افزایش زمان و دمای سرخ‌کن میزان کاراملیزاسیون و واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی تشدید شده و از میزان روشنایی نمونه‌های سرخ شده کاسته شد که با نتایج دارائی گرمه‌خانی و همکاران (۲۰۱۱، ۲۰۱٤) مطابقت داشت[۱۳ و ۱۵].

روند تغییرات فاکتور رنگی $a^*$ نمونه‌های کدو سبز سرخ شده تحت تأثیر زمان و دمای سرخ کردن و غلظت صمغ دانه بالنگو در بخش (b) شکل ۳ ارائه شده است. شاخص رنگی $a^*$ نمونه‌ها با افزایش زمان و دمای سرخ کردن روند صعودی دارد (بخش ۱ b شکل ۳). همان‌طور که در بخش b۲ شکل ۳ مشاهده می‌شود در غلظت ثابت صمغ دانه بالنگو با افزایش زمان سرخ کردن میزان شاخص رنگی $a^*$ نمونه روند صعودی شدیدی داشته است. همچنین در زمان ثابت سرخ کردن با افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو میزان شاخص رنگی $a^*$ روند صعودی آهسته‌تری دارد. بالاترین مقدار شاخص رنگی $a^*$ در زمان سرخ کردن ٦ دقیقه و پوشش ۲۰ درصد مشاهده شد. افزایش دمای سرخ کردن و غلظت صمغ دانه بالنگو باعث افزایش میزان شاخص رنگی $a^*$ نمونه‌های کدو سبز سرخ شده می‌شوند. بالاترین مقدار شاخص رنگی $a^*$ در غلظت ۲۰ درصد صمغ دانه بالنگو و دمای سرخ کردن ۱۹۰°c مشاهده شد (بخش ۳ b شکل ۳).

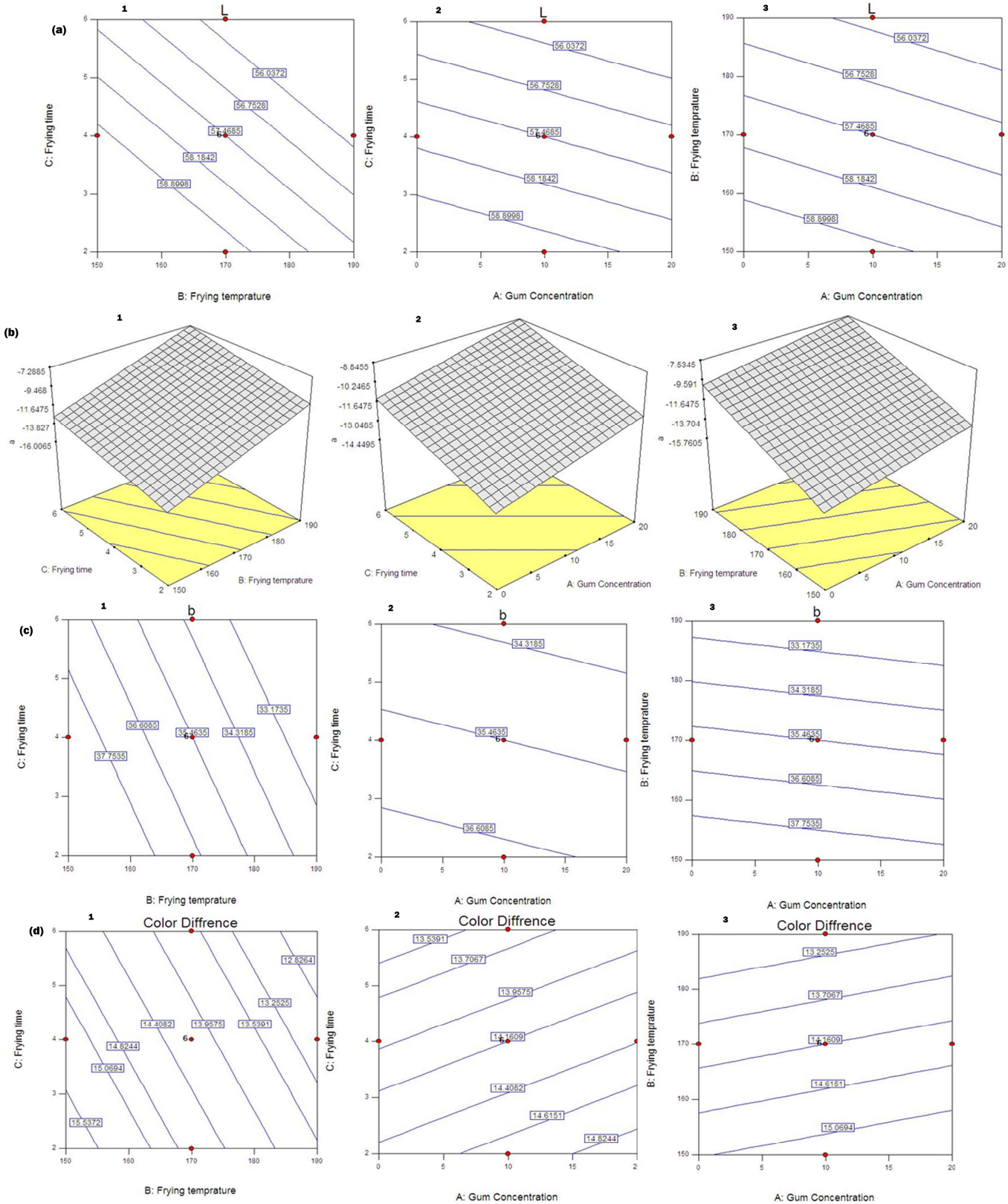


**Fig 3** Changes in color indexes a- Brightness (L*), b- Redness (a*), c- Yellowness (b*) and d- Color difference of fried zucchini samples under different conditions of deep fat frying process

در مجموع می‌توان گفت که میزان تأثیر عوامل مختلف روی شاخص رنگی $a^*$ نمونه‌های کدو سبز سرخ شده به صورت زیر می‌باشد:

زمان سرخ کردن > دمای سرخ کردن > غلظت صمغ دانه بالنگو

روند تغییرات شاخص رنگی $b^*$ نمونه‌های کدو سبز سرخ شده تحت تأثیر زمان و دمای سرخ کردن و غلظت صمغ دانه بالنگو در بخش (c) شکل ۳ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان و دمای سرخ کردن میزان شاخص رنگی $b^*$ نمونه‌های کدو سبز سرخ شده روند نزولی طی می‌کنند (بخش c۱ شکل ۳) در حالی که با افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو میزان شاخص رنگی $b^*$ نمونه‌های کدو سبز سرخ شده روند ثابت و نزولی آهسته‌ای را طی فرآیند سرخ کردن (هم‌زمان با تأثیر دما و زمان فرآیند) نشان می‌دهد (بخش‌های c۳ و c۲ شکل ۳).در بین فاکتورهای مورد مطالعه به ترتیب دمای سرخ کردن > زمان سرخ کردن > غلظت صمغ دانه بالنگو بر روی فاکتور رنگی $b^*$ نمونه‌های کدو سبز سرخ شده مؤثر هستند. شاخص رنگی b بیانگر میزان زردی و آبی بودن رنگ نمونه‌ها می‌باشد. هرچه میزان شاخص رنگی b بالاتر باشد میزان زردی نمونه‌ها افزایش می‌یابد با توجه به اینکه در طی فرایند سرخ کردن عمیق واکنش‌های کاراملیزاسیون، ژلاتینه شدن نشاسته و میلارد صورت می‌گیرد طبیعتاً از میزان زردی و روشنایی نمونه‌ها کاسته شده و رنگ‌های تیره در محصول پدید می‌آید [۱۵].

شاخص اختلاف رنگ بیانگر میزان تفاوت رنگی نمونه‌های تولید شده با نمونه شاهد (بدون پوشش) می‌باشد و هرچه میزان این پارامتر کمتر باشد بیانگر تولید محصولی با رنگ مشابه محصول شاهد است که حداقل اختلاف رنگ را با نمونه شاهد دارد. همان‌طور که در بخش‌های ۲ و ۳ شکل ۳ (d) مشاهده می‌شود با افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو اختلاف رنگ نمونه‌ها روند ثابت و توأم با افزایش جزئی را نشان می‌دهد در حالی که با افزایش دما و زمان سرخ کردن اختلاف رنگ نمونه‌ها روند نزولی دارد (بخش d ۱ شکل ۳). به عبارت دیگر با افزایش زمان و دمای سرخ کن کلیه نمونه‌ها به یک نسبت سرخ شده و کیفیت یکسانی را خواهند داشت. در نمونه‌های پوشش دهی شده به علت بالا بودن شاخص‌های رنگی a و b در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش (شاهد) دارای اختلاف رنگ با نمونه شاهد می‌باشند و باعث افزایش مقدار شاخص اختلاف رنگ می‌شوند.

۳-٤- ارزیابی حسی نمونه‌های کدو سبز سرخ شده

نتایج ارزیابی حسی عطر و طعم نمونه‌های کدو سبز سرخ شده تحت تأثیر زمان و دمای سرخ کردن و غلظت صمغ دانه بالنگو در بخش (a) شکل ٤ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش زمان و دمای سرخ کردن امتیاز کسب شده طی ارزیابی حسی کاهش می‌یابد (بخش ۳ شکل ٤a) که به معنی بهتر بودن عطر و طعم نمونه‌ها می‌باشد در حالی که با افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو امتیاز عطر و طعم نمونه‌ها روند صعودی داشته که به معنی کاهش مطلوبیت عطر و طعم نمونه‌ها از نظر ارزیاب‌ها می‌باشد (بخش ۱ و ۲ شکل ٤a). دمای سرخ کردن نسبت به زمان سرخ کردن تأثیر بیشتری روی عطر و طعم نمونه‌های کدو سبز سرخ شده دارد.

منحنی‌های سه بعدی روند تغییرات امتیاز بافت نمونه‌های کدو سبز سرخ شده تحت تأثیر زمان و دمای سرخ کردن و غلظت صمغ دانه بالنگو در بخش (b) شکل ٤ ارائه شده است. همان‌طور که از بخش ۱ شکل ٤b ملاحظه می‌شود با افزایش زمان سرخ کردن تا ۵ دقیقه امتیاز بافتی نمونه‌ها روند صعودی و از ۵ دقیقه به بعد روند نزولی دارد که به معنی بهبود بافت نمونه با سرخ کردن بیش از ۵ دقیقه می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو امتیاز کسب شده نمونه‌ها روند نزولی دارد که به معنی بهبود بافت نمونه‌ها می‌باشد. در بخش ۲ شکل ٤b ملاحظه می‌شود که با افزایش دمای سرخ کردن تا $^{\circ}c$ ۱۸۰ میزان امتیاز بافتی نمونه‌ها روند نزولی دارد در حالی که از $^{\circ}c$ ۱۸۰ به بعد امتیاز بافتی نمونه‌ها روند صعودی به خود می‌گیرد که با توجه به کد بندی صورت گرفته هرچه امتیاز کسب شده طی ارزیابی حسی بالاتر باشد به معنی بدتر بودن می‌باشد به عبارت دیگر امتیاز حسی نمونه‌ها تا دمای $^{\circ}c$ ۱۸۰ خوب و بالاتر از آن کیفیت کاهش یافته است. با افزایش غلظت صمغ میزان

امتیاز کسب شده کاهش می‌یابد که به معنی افزایش کیفیت بافت نمونه‌ها می‌باشد. تأثیر هم‌زمان دما و زمان سرخ کردن بر تغییرات امتیاز بافت نمونه‌های کدو سبز سرخ شده در بخش ۳ شکل ٤b نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش دمای سرخ کردن امتیاز کسب شده روند نزولی دارد که به معنی بهبود بافت نمونه‌ها و مطلوبیت آن می‌باشد در حالی که با افزایش زمان سرخ کردن کیفیت بافتی نمونه‌ها روند نزولی دارند.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود دمای سرخ کردن و غلظت صمغ دانه بالنگو بر روی کیفیت بافتی نمونه‌های کدو سبز سرخ شده تأثیر مثبت دارند درحالی‌که زمان سرخ کردن نسبت به این دو پارامتر تأثیر مثبت کمتری بر بافت نمونه‌ها دارد هرچند که کلیه نمونه‌ها به لحاظ مطلوبیت بافتی از نظر ارزیاب‌ها خوب تشخیص داده شده‌اند.

نتایج ارزیابی حسی رنگ نمونه‌های کدو سبز سرخ شده تحت تأثیر زمان و دمای سرخ کردن و غلظت صمغ دانه بالنگو در بخش (c) شکل ٤ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت صمغ میزان مطلوبیت رنگی نمونه‌ها افزایش می‌یابد (بخش ۱ و ۲ شکل ٤c). همچنین با افزایش زمان و دمای سرخ کردن میزان امتیاز کسب شده روند نزولی داشته که به معنای مطلوبیت بیشتر نمونه‌ها به لحاظ رنگ می‌باشد (بخش ۳ شکل ٤c). همان‌طور که ملاحظه می‌شود دمای سرخ کردن نسبت به زمان سرخ کردن و غلظت صمغ دانه بالنگو بیشترین تأثیر را روی مطلوبیت رنگی نمونه‌ها دارد و کم‌ترین تأثیر مثبت مربوط به غلظت صمغ دانه بالنگو می‌باشد.

منحنی‌های دو بعدی (کنتور) پذیرش کلی نمونه‌های کدو سبز سرخ شده تحت تأثیر دماها و زمان‌های مختلف سرخ کردن و غلظت صمغ دانه بالنگو در بخش (d) شکل ٤ ارائه شده است. همان‌طور که در بخش ۱ شکل ٤d تأثیر هم‌زمان غلظت صمغ دانه بالنگو و زمان سرخ کردن بر میزان پذیرش کلی نمونه‌های کدو سبز سرخ شده نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش زمان سرخ کردن پذیرش کلی نمونه‌های کدو سبز سرخ شده روند صعودی دارند درحالی‌که با افزایش غلظت صمغ پذیرش کلی نمونه‌ها روند نزولی داشت که این حالت در زمان‌های طولانی‌تر سرخ کردن تشدید می‌شود. در بخش ۲ شکل ٤d مشاهده می‌شود با افزایش دمای سرخ کردن میزان پذیرش کلی نمونه‌ها روند افزایشی داشت درحالی‌که با افزایش غلظت صمغ دانه بالنگو میزان پذیرش کلی به خصوص در دماهای بالا روند نزولی داشت. همان طوری که در بخش ۳ شکل ٤d مشاهده می‌شود با افزایش دمای سرخ کردن میزان پذیرش کلی نمونه با شیب بیشتری تغییر می‌یابد در حالی که زمان سرخ کردن تأثیر کمتری نسبت به دمای سرخ کردن بر میزان پذیرش کلی نمونه‌ها دارد. به لحاظ پذیرش کلی، نمونه‌های تولید شده در زمان‌های سرخ کردن ٦ دقیقه و دمای سرخ کردن $^{o}$c ۱۹۰ بهترین نمونه‌های تولید شده می‌باشند.

## ۳-۵- بهینه یابی فرآیند سرخ کردن عمیق ورقه‌های کدو سبز

از آنجا که در فرآیند سرخ کردن هدف دست‌یابی به محصولی با کم‌ترین مقدار جذب روغن در عین حفظ مواد مغذی، ارزش تغذیه‌ای و خواص حسی می‌باشد، بنابراین متغیرهای مستقل این فرآیند نظیر غلظت صمغ دانه بالنگو در محدوده غلظت‌های اعمال شده، دمای سرخ کردن حداکثر و مدت زمان سرخ کردن حداقل در نظر گرفته شد. همچنین متغیرهای وابسته‌ای نظیر درصد پوشش دهی، مقدار رطوبت و پذیرش کلی حداکثر و پارامترهایی مثل اختلاف رنگ کلی نمونه‌ها با نمونه شاهد و جذب روغن حداقل در نظر گرفته شد. در فرآیند بهینه یابی به تمامی پارامترهای مستقل وزن و اهمیت یکسان داده شد. با توجه به شرایط مورد نظر راه حل دارای بالاترین مطلوبیت، مناسب‌ترین و بهترین شرایط خواهد بود که راه حل اول (با شرایط: زمان سرخ کردن ۲ دقیقه، غلظت صمغ دانه بالنگو ۱٤/۳۱ درصد و دمای سرخ کردن ۱۷۷ درجه سانتی‌گراد) به عنوان بهترین شرایط جهت دست‌یابی به شرایط بهینه در نظر گرفته شد. در صورت اعمال شرایط راه حل اول خواص کیفی و حسی ورقه‌های کدو سبز سرخ شده به صورت بهینه حفظ می‌شود (شکل ۵).

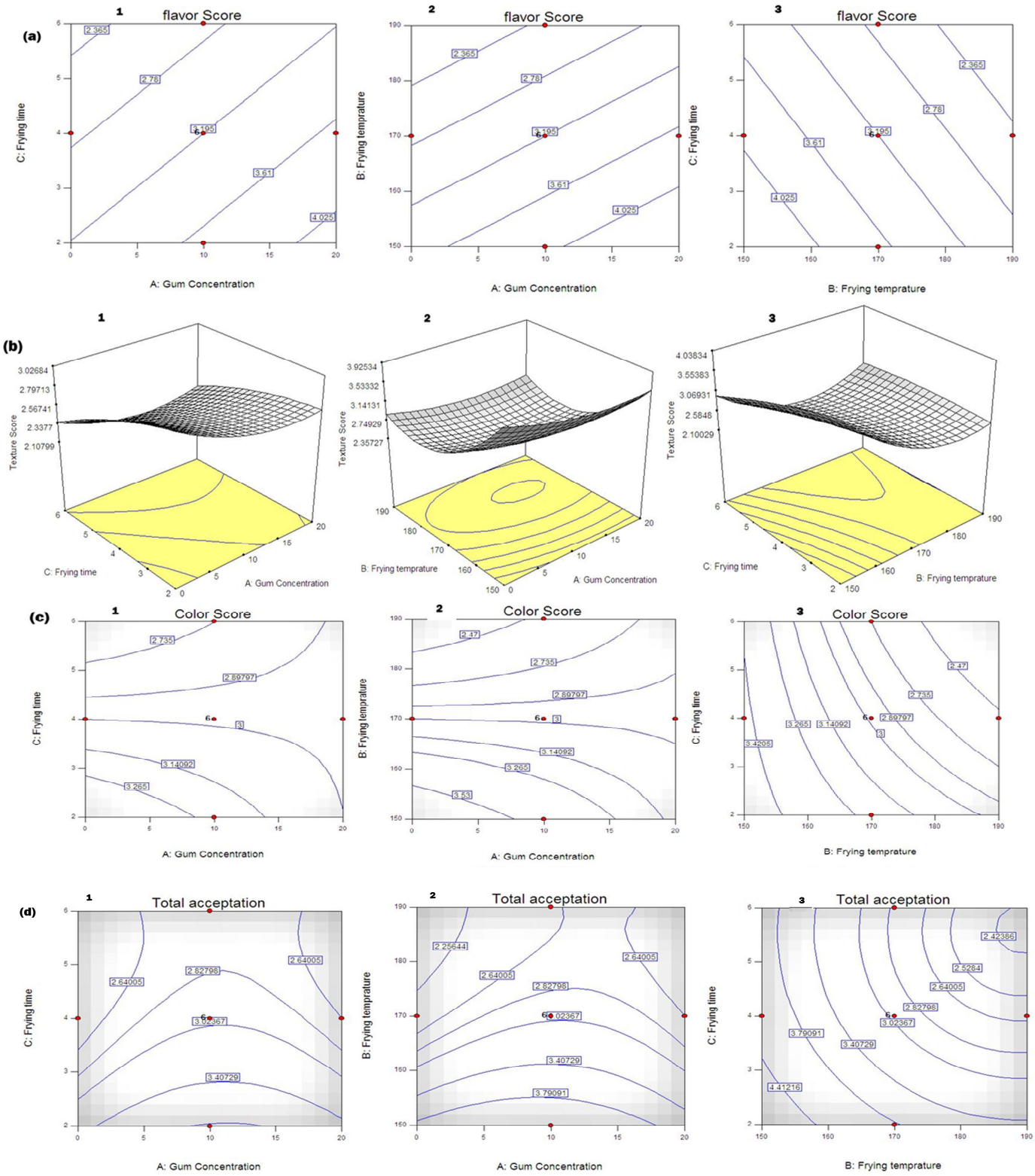


**Fig 4** Changes in sensory attributes of a) odor and flavor, b) texture, c) color and d) total acceptance of fried zucchini samples under different conditions of deep fat frying process

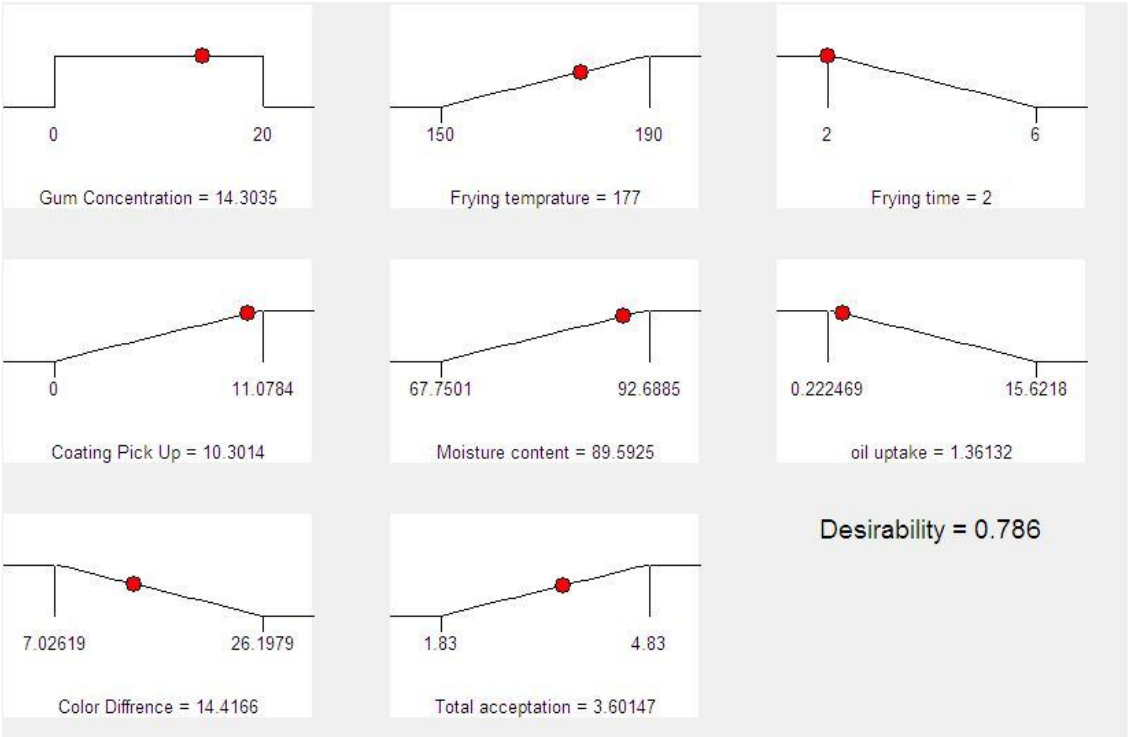


**Fig 5** Optimization of zucchini slices deep fat frying process

## ٤- نتیجه‌گیری کلی

در حین فرآیند سرخ کردن عمیق رطوبت از داخل بافت ماده غذایی تبخیر شده و به جای آن روغن به داخل بافت نفوذ می‌کند در دماهای بالای سرخ کردن، زمان لازم برای سرخ کردن محصول کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش مقدار جذب روغن در محصول می‌شود. همچنین پوشش دهی با صمغ دانه بالنگو به علت خاصیت سد کنندگی آن باعث کاهش میزان اتلاف رطوبت در حین سرخ کردن شده و در نتیجه مقدار جذب روغن در محصول نهایی کاهش می‌یابد. در زمان‌های طولانی سرخ کردن به علت خشک شدن سطح محصول و حالت چروکیدگی سطحی آن، لوله‌های مویین و منافذ سطحی بسته شده و در نتیجه تبادل رطوبت در حین سرخ کردن کاهش می‌یابد اما این حالت باعث ایجاد تاول‌های سطحی می‌شود که در اثر افزایش فشار بخار منجر به ترکیدن این تاول‌ها و تخریب پوسته می‌شود و بر اساس گزارشات سایر محققین میزان جذب روغن در این نواحی افزایش می‌یابد. انجام فرآیند سرخ کردن در دماهای بالا و زمان کوتاه در عین کاهش جذب روغن باعث کم‌ترین آسیب به ارزش تغذیه‌ای و خواص حسی محصول تولیدی می‌شود ضمن اینکه رنگ و خواص حسی محصول تولیدی نیز مشابه نمونه‌های شاهد می‌باشد. در نهایت می‌توان بیان داشت که با اعمال شرایط بهینه فرآیند سرخ کردن که از این تحقیق حاصل شد (با شرایط: زمان سرخ کردن ۲ دقیقه، غلظت صمغ دانه بالنگو ١٤/٣١ درصد و دمای سرخ کردن ۱۷۷ درجه سانتی‌گراد) می‌توان محصولی با مقدار روغن کمتر و بالاترین میزان پذیرش کلی از نظر طعم، رنگ، بافت و سایر خواص حسی را تولید نمود.

## ٥- منابع

[1] Warner, K. 2008. Chemistry of Frying Oils. In: Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology. (Editors: C.C. Akoh and D.B. Min). CRC Press, USA.

[2] Rossell, J. B. 2001. Factors affecting the quality of frying oils and fats, In: Frying . Improving Quality. (Editor: J.B. Rossell). Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England.

[3] Orthoefer, F.T., Gurkin, S. and Liu, K. 1996. Dynamics of frying. In: Deep Frying :

[4] Blumenthal, M.M. 1991. A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. *Food Technology*, 45: 68-94.

[5] Mah, E. 2008. optimization of a pretreatment to reduce oil absorption in fully fried, battered and breaded chicken using whey protein isolate as a postbreading dip .MSc Thesis . Ohio University.

[6] Varela, P. and Fiszman, S.M. 2011. Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food hydrocolloids*, 25: 1801–1812.

[7] Singthong, J. and Thongkaew, C. 2009. Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips. *LWT - Food Science and Technology*, 42: 1199–1203.

[8] Melito, H. 2009. An Alternative Frying Process for Wheat and Gluten-Free Donuts. PhD thesis. North Carolina State University.

[9] Mellema, M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science & Technology*, 14: 364–373.

[10] Ziaiifar, A.M., Achir, N., Courtois, F., Trezzani, I. and Trystram, G. 2008. Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 1410-1423.

[11] Aminlari, M., Ramezani, R. and Khalili, M.H. 2004. Production of protein-coated low-fat potato chips. *Food Science and Technology International*, 11: 177-181.

[12] Quasem, J.M., Ayman Suliman Mazahreh, A.S., Khaled Abu-Alruz, K., Afaneh, I.A., Al-Muhtaseb, A.H. and Magee, T.R.A. 2009. Effect of methyl cellulose coating and pre-treatment on oil uptake, moisture retention and physical properties of deep-fat fried starchy dough system. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4: 156-166.

[13] Daraei Garmakhany A, Mirzaei HO, Kashaninejad M, Maghsudlou Y. 2008. Study of oil uptake and some quality attributes of potato chips affected by hydrocolloids. *European Journal of Lipid Science and Technology*; 11, 1045-1049.

[14] Daraei Garmakhany A, Aghajani N, Kashiri M. 2011. Use of hydrocolloids as edible covers to produce low fat French fries. *Latin American Applied Research*, 41: 211-216.

[15] Daraei Garmakhany A, Mirzaei HO, Maghsoudlou Y, Kashaninejad M, Jafari SM. 2014. Production of low fat French-fries with single and multi-layer hydrocolloid coating. *Journal of Food Science and Technology*, 51(17): 1334-1341.

[16] Aghajani N, Gohari Ardabili A, Daraei Garmakhany A. 2018. Response Surface Optimization of the Oil Absorption and Sensory Attributes of Fried Carrot Chips Under the Effect of Aleo Vera Gel concentration, Frying Time and Temperature. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 13 (3) :67-79 [in Persian].

[17] Abedpour, L. and Dehghannya, J. 2016. Investigation of oil uptake during potato strips deep-fat frying pretreated with ultrasound and osmotic dehydration. *Journal of Food Science and Technology*, 50(13): 65-72.

[18] Avaz Khajeh, H. and Jorjani, S. 2016. Effect of Adding Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC) in Breaded Shrimp on Oil Uptake and Sensory Characteristics during deep oil frying. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 9(4):75-82 [in Persian].

[19] Daraei Garmakhany, A., Mirzai, H.O., Maghsoudlou, Y., Kashaninejad, M., and Jafari, S.M. 2010. Influence of partial drying on oil uptake and quality attributes of French fries. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 4 (2): 41-47.

[20] Hasanpour, N., Mohebbi, M. and Varidi, M. 2014. Evaluation of coating and frying conditions on physicochemical properties of deep fat fried Falafel. *Journal of Food Science and Technology*, 47(12): 53-63.

[21] Jorjani, S. and Hamrahi, V. 2015. Effect of Guar and xanthan hydrocolloids on uptake of oil in eggplant rings during deep frying. *Journal of Food Research*, 25(2): 231-238 [in Persian].

[22] Zamani Ghaleshahi S., Farhoosh, R. and 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(4): 309-318 [in Persian].

[23] Mallikarjunan, P., Chinnan, M. S., Balasubramaniam, V. M., & Phillips, R. D. (1997). Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. *LWT - Food Science and Technology*, 30(7), 709-714.

[24] Lalam, S. 2011. Experimental study on transport mechanisms during deep fat frying of chicken nuggets. MSc Thesis. Texas Tech University.

[25] Ziaiifar, A.M. 2008. Oil absorption during deep fat frying: Mechanisms and Important Factors. PhD thesis. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech).

[26] Kassama, L.S. 2003. Pore development in food during deep-fat frying. PhD thesis. McGill University.

[27] Pinthus, E.J., Weinberg, P., and Saguy, I.S. 1993. Criterion for oil uptake during deep-fat frying. *Journal of Food Science*, 58: 204-205.

[28] Zolfaghari, Z., Mohebbi, M. and Haddad Khodaparast, M.H. 2011. Effect of type of hydrocolloid coating and soy flour addition on physiochemical properties of donut. *Journal of Food Research*, 21: 127-139 [in Persian].

[29] Gamble, M.H., Rice, P. and Selman, J.D. 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from C.VR. ecord U.K. tubers. *International Journal of Food Science and Technology*, 22: 233-241.

# Optimization of low fat fried zucchini slices production conditions by use of response surface method

**Gohari Ardabili, A. [1*], Aghajani, N. [2], Daraei Garmakhany, A. [3]**

1. Assistant Prof. Dept. food Science and Technology, Bahar faculty of food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Assistant Prof. Dept. food Science and Technology, Bahar faculty of food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3. Assistant Prof. Dept. of food Science and Technology, College of food Science and Technology of Toyserkan, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

**(Received: 2018/11/24 Accepted: 2020/08/31)**

Fried foods due to suitable taste, flavor and mouth feel are very popular but they contain high level of oil. Frying time and temperature and coating before frying process are the main factors, affetcting oil content in fried products. In this study the effect of different concentrations of Balangu seed gum (0, 10 and 20 %W/V), frying temperature (150, 170 and 190 0C) and frying time (2, 4 and 6 minutes) on the quality and sensory attributes of fried zucchini slices were investigated and optimized by response surface method. Results showed that the amounts of water loss and oil uptake during frying process were reduced with increase of gum concentration in the coating agent, but the moisture content of sample was decreased by increasing of frying time and temperature while oil uptake increased. The L* index of the final products were decreased with increase of frying time and temperature and Balangu seed gum concentration. The most affecting factors on the a* and b* index are frying temprature, frying time and Balangu seed gum concentration respectively. The sensory evaluation results, showed that, total acceptance of fried zucchini slices increased with frying time and temperature incensement while decreased with Balangu seed gum incensement. Optimization results showed that the optimum processing conditions of fried zucchini slices were frying time of 2 minute, Balangu seed gum concentration 14.31% and frying temperature 177 0C and in these conditions the quality attributes of final products were in optimum level. Application of Balangu seed gum lead to produce low fat fried zucchini slices without adverse effect on sensory attributes of final product.

**Keywords:** Zucchini slices, Balangu seed gum, Coating, Deep fat frying, Response surface method.

*Corresponding Author E-Mail Address: a.gohari@basu.ac.ir