



Investigation and optimization of effect of potato chips coating with Arabic Gum, Aloe Vera Gel and Tomato Powder on qualitative properties and Oil uptake

Loveymi, Y.¹, Salimi, A.^{1*}, Jebelli Javan, A.¹, Mahdizadeh Mood, S.¹.

Received: 14.05.2023

Accepted: 11.09.2023

Abstract

Potato chips are popular snack with high fat content affects negatively on human health and subsequently increases obesity and the risk of cardiovascular diseases. In order to decrease the high fat health risks, coating can be an effective pre-treatment to reduce oil uptake. In this research, the effect of coating potato chips with a combined solution of aloe vera gel (0, 10 and 20% v/v), gum arabic (0, 2.5 and 5% w/v) and tomato powder (0, 1 and 2% w/v) on quality and oil uptake was investigated and the processes was optimized. Also, after frying coated potato chips, moisture content, oil uptake, frying efficiency, color and sensory properties were investigated. Results showed that all the coated samples had higher moisture content, less oil uptake and higher frying efficiency compared to the control one. It was also observed that increasing the concentration of coating materials (except tomato powder) had a significant effect on the physico-chemical characteristics of the samples ($p < 0.05$). By optimizing the process, the best coating to achieve the highest moisture content and frying efficiency and lowest oil uptake were produced by 20% v/v aloe vera gel, 5% w/v gum arabic and 0% w/v tomato powder.

Keywords: Potato chips, Optimization, Coating, Frying.

1. Department of hygiene, Faculty of Veterinary, Semnan University, Semnan, Iran.

*Corresponding author: a.salimi@semnan.ac.ir

بررسی و بهینه‌سازی اثر پوشش‌دهی چپس سیب‌زمینی با صمغ عربی، ژل آلئهورا و پودر گوجه‌فرنگی بر ویژگی‌های کیفی و جذب روغن

لویمی، ی.، سلیمی، آ.، جلی جوان، ا.، مهدی زاده مود، س.،

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۴ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۰

خلاصه

چپس سیب‌زمینی محصول غذایی پر طرفداری است که مقادیر بالای چربی آن اثرات سوء در سلامت جامعه داشته و باعث افزایش چاقی و خطر بیماری‌های قلبی - عروقی می‌گردد. یکی از راهکارهای کاهش جذب روغن در این محصول غذایی، پوشش‌دهی آن می‌باشد. در این پژوهش اثر پوشش‌دهی چپس سیب‌زمینی با محلول ترکیبی ژل آلئهورا (۰، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی - حجمی)، صمغ عربی (۰، ۲/۵ و ۵ درصد وزنی - وزنی) و پودر گوجه‌فرنگی (۰، ۱ و ۲ درصد وزنی - حجمی) بر شاخص‌های کیفی و میزان جذب روغن چپس سیب‌زمینی سرخ شده مورد بررسی قرار گرفته و بهینه‌سازی شد. بدین منظور، پس از سرخ کردن چپس‌های پوشش‌دهی شده سیب‌زمینی، رطوبت، روغن جذب‌شده، راندمان سرخ‌کردن، رنگ و خواص حسی نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد نمونه‌های پوشش‌دهی شده در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش، رطوبت و راندمان سرخ کردن بیشتر و جذب روغن کمتری داشتند. همچنین مشاهده گردید افزایش غلظت مواد پوشش‌دهی (به استثناء پودر گوجه‌فرنگی) تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی نمونه‌ها داشت ($p < 0.05$). با بهینه‌سازی فرایند، بهترین پوشش به منظور رسیدن به بیشترین محتوای رطوبت و راندمان و کمترین جذب روغن با مقادیر ۲۰٪ حجمی/حجمی ژل آلئهورا، ۵٪ وزنی/حجمی صمغ عربی و ۰٪ وزنی/حجمی پودر گوجه‌فرنگی مشخص شدند.

واژه‌های کلیدی: چپس سیب‌زمینی، بهینه‌سازی، پوشش‌دهی، سرخ‌کردن.

۱. گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی آذربایجان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۲*نویسنده مسئول: a.salimi@semnan.ac.ir

سیبزمینی یک گیاه دولپه‌ای و از خانواده *Convolvulaceae* است. این گیاه ریشه‌هایی سرشار از نشاسته دارد. چپس سیبزمینی، غذایی خوش‌مزه و ترد است که به‌خوبی حس سیری ایجاد می‌کند و یکی از پرمصرف‌ترین محصولات خوراکی در سراسر جهان، بخصوص توسط کودکان است (Vorland و همکاران، ۲۰۲۲). اما مقادیر بالای روغن و نمک در چپس سیبزمینی یکی از نگرانی‌های اصلی متخصصان سلامت و مصرف‌کنندگان در مورد این محصول است (Gibson and Kurilich, ۲۰۱۳).

نتایج تحقیقات و آزمایش‌های محققان نشان داده است که پوشش‌دهی نقش مهمی در کاهش میزان روغن محصولات سرخ شده دارد (Liberty و همکاران، ۲۰۱۹). پوشش اعمال شده بر سطح ماده غذایی خواص ممانعت‌کننده در مقابل اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و لیپیدها ایجاد می‌کند (Latif و همکاران، ۲۰۲۰) و در نتیجه باعث کاهش سرعت افت کیفیت روغن جذب‌شده می‌شود و واکنش‌های سطح ماده غذایی در محیط سرخ‌کردن را نیز محدودتر کرده و باعث حفظ بیشتر رطوبت می‌شود. در نتیجه سطح محصول نیز تردتر و سفت‌تر می‌گردد. با انجام این موارد، روغن جذب‌شده نیز کاهش می‌یابد (Sue و همکاران، ۲۰۲۰).

محققان از مواد مختلفی جهت پوشش‌دهی استفاده کرده‌اند. از جمله این موارد می‌توان به پوشش‌دهی با مشتقات سلولز (Sadat Mousavian و همکاران، ۲۰۱۵)، پکتین استخراج شده از سنبله آفتاب‌گردان (Hua و همکاران، ۲۰۱۵)، صمغ زانتان (Saad Hallabo و همکاران، ۲۰۱۹) و آلوه‌ورا (Maan و همکاران، ۲۰۲۱) اشاره کرد. صمغ عربی، یک هتروپولی‌ساکارید پیچیده و شاخه‌دار است که از درخت *Acacia Senegal* به دست می‌آید و به‌خاطر خواص امولسیفایری، پایدارکنندگی و همچنین قابلیت تولید پوشش و تشکیل فیلم، کاربردهای فراوانی در صنایع غذا و دارو پیدا کرده است (Tiamiyu و همکاران، ۲۰۲۳).

آلوه‌ورا، گیاهی دارویی از خانواده *Aloaceae* است. ژل این گیاه بافتی نرم و لزج با ترکیبی کمپلکس از کربوهیدرات، پروتئین، فیبر، قند محلول، ویتامین، مواد معدنی، آمینواسید، اسیدهای آلی و ترکیبات فتولی است. این

گیاه خواص غذایی و دارویی زیادی دارد و علاوه بر اینکه به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی خود، به‌عنوان نگهدارنده طبیعی استفاده می‌شود و به علت خواص خوب فیلم‌سازی، در تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی برای حفظ رطوبت و خواص حسی محصولات غذایی نیز کاربرد دارد (Maan و همکاران، ۲۰۲۱).

گوجه‌فرنگی، از منابع پراهمیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، بخصوص لیکوپن و بتا-کاروتن است. این رنگیزه‌ها از ترکیبات مؤثر در تهیه پوشش‌های پایه ژلاتینی هستند و باعث بهبود خواص مکانیکی و آنتی‌اکسیدانی آن شده و همچنین در مقابل نور مرئی و فرابنفش خاصیت سد کنندگی دارند (Lopez-Palestina و همکاران، ۲۰۱۸). این ترکیبات با خواص آنتی‌اکسیدانی خود، نقش مهمی در کاهش خطر ابتلا به انواع مختلفی از سرطان و بیماری‌های قلبی-عروقی ایفا می‌کنند (Maan و همکاران، ۲۰۲۱).

بهینه‌سازی عبارت است از بهبود عملکرد یک سیستم، فرایند یا تولید به‌منظور دستیابی به حداکثر سود از آن. لغت «بهینه‌سازی» معمولاً در مباحث شیمیایی به‌عنوان وسیله‌ای برای تعیین شرایطی که در آن اجرای فرایند موجب رسیدن به بهترین پاسخ می‌شود، تعریف می‌گردد. در این روش، با مشخص کردن محدوده‌های آزمایشی، انتخاب طرح مناسب و به‌دست آوردن پاسخ‌ها بر اساس چیدمان ارائه‌شده، می‌توان در مراحل بعدی و با استفاده از روش‌های ریاضی و آماری، نهایتاً پاسخ‌ها را به سمت‌وسوی بهینه سوق داد (Khuri and Mukhopadhyay, ۲۰۱۰).

با توجه به آنچه که گفته شد، کنترل فرایند سرخ شدن می‌تواند تأثیر بسزایی بر روی کیفیت محصول نهایی داشته باشد. بدین منظور در پژوهش پیش رو تلاش می‌شود تأثیر افزودن پودر گوجه‌فرنگی به پوشش صمغ عربی و ژل آلوه‌ورا بر عملکرد کلی این پوشش‌ها بررسی شود.

مواد اولیه و روش کار

مواد شیمیایی و تجهیزات مورد استفاده

صمغ عربی پایه خوراکی^۱ خالص و محلول n- هگزان با خلوص ۹۵ درصد از شرکت اروین شیمی خریداری شد. برگ‌های تازه آلوه‌ورا از عطاری، و همچنین سیبزمینی

¹ Food grade

واريته سائنه، ايران) و روغن (اويلا، ايران) و گوجه‌فرنگي نيز از بازار محلي تهيه گرديد. ترازوي آزمايشگاهي با دقت ۰/۰۰۱ (ساخت آلمان شركت سارتوريوس مدل پي بي - ۱۱۲)، آون حرارتي (ساخت آلمان، شركت ممرت مدل UFE 500³)، شوف بالن فاطر الكترونيك (مدل ۶۲۳H، ساخت ايران)، دستگاه سرخ‌كن (مدل Tefal ساخت كشور فرانسه)، بن ماري (مدل ممرت ساخت كشور آلمان)، هيتر استيرر ولپ (مدل ARE ساخت ايتاليا)، كاغذ صافي واتمن (ساخت پاكستان)، هموژنايزر اولتراسونيك مدل UPS ۱۲۰۰ (ساخت ايران، شركت فناوري ايرانيان پژوهش نصير) و رنده مخصوص چپيس ساز مدل نايسر دايسر ساخت كشور چين جهت اندازه‌گيري‌هاي مختلف استفاده شد.

تهيه ورقه‌هاي سيب‌زميني

پس از شست‌وشوي و كندن پوست سيب‌زميني‌ها، با استفاده از چپيس ساز نايسر دايسر ورقه‌هاي سيب‌زميني در ضخامت ۱/۹ ميلي‌متر برش داده شدند.

تهيه محلول‌هاي پوشش‌دهي

براي تهيه محلول پوشش‌دهي، بر اساس طراحي انجام‌گرفته توسط نرم‌افزار ديزاين اكسپرت ۱۱، با درنظرگرفتن طرح مركب مركزي آلفاي "يك" و همچنين چهار نقطه مركزي، تعداد ۱۸ دستورالعمل توليدي بر اساس سه متغير مستقل صمغ عربي (۰، ۲/۵ و ۵٪ وزني - وزني) (Khezripourarab و همكاران، ۲۰۱۵)، ژل آلوتهورا (۰، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمي - حجمي) (Aghajani و همكاران، 2018) و پودر گوجه‌فرنگي (۰، ۱ و ۲ درصد وزني - حجمي) (Kaur و همكاران، ۲۰۱۵) طراحي شدند (جدول ۱).

مطابق غلظت‌هاي طراحي شده توسط نرم‌افزار ديزاين اكسپرت، براي صمغ عربي ميزان ماده موردنظر توزين و سپس با آب مقطر ۷۰ درجه به حجم رسيد. براي تهيه ژل آلوتهورا گياه آلوتهورا از بازار محلي خريداري و پس پوست‌گيري، بخش مركزي آن جدا و توسط آسياب برقي يكدست شد. سپس به‌منظور آنزيم زدائي و عقيم شدن آنزيم‌هاي پلي فنل اكسيداز كه عامل قهوه‌اي شدن آنزيمي هستند، نمونه‌ها به مدت ۷ الي ۸ دقيقه در دماي ۸۰ درجه سانتی‌گراد در بن ماري قرار داده شد. نهايتاً مقدار موردنظر با

آب مقطر به حجم رسانيده شد. براي تهيه پودر گوجه‌فرنگي، بعد از شست‌وشو خرد و به مدت ۱۲ ساعت در آون ۶۰ درجه قرار داده شد تا به طور كامل خشك شود. سپس آسياب شده و پودر گوجه‌فرنگي به‌دست‌آمده توزين شد. آنگاه با آب مقطر به حجم رسانيده و مطابق جدول مواد پوشش‌دهي با يكدیگر تركيب و براي مخلوط و يكدست شدن به مدت سه دقيقه وارد هموژنايزر شدند.

آنزيم بري ورقه‌هاي سيب‌زميني

پس از برش دادن ورقه‌هاي سيب‌زميني، به منظور عقيم كردن پلي فنل اكسيدازها، نمونه‌ها در آب مقطر ۹۵-۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱،۵ دقيقه آنزيم بري شده و بلافاصله با آب سرد شسته شدند.

پوشش‌دهي نمونه‌ها

بر اساس حدود تعيين شده توسط نرم‌افزار ديزاين اكسپرت، ۱۸ دسته از ورقه‌هاي سيب‌زميني آنزيم بري شده در ۱۸ محلول تهيه‌شده به روش غوطه‌وري به مدت ۷ دقيقه پوشش‌دهي شدند. سپس به مدت ۴۰ دقيقه در شرايط محيطي قرار گرفتند تا لايه مناسبی بر روی آن‌ها تشكيل و تثبيت گردد. پس از تثبيت لايه پوشش‌دهي، درصد پوشش‌دهي ورقه‌ها به روش زیر محاسبه گرديد (Daraei و Garmakhani و همكاران، ۲۰۰۸؛ Alipour و همكاران، ۲۰۰۹). در مورد نمونه شاهد، از آنجا كه پوشش‌دهي صورت نگرفت، ورقه‌هاي سيب‌زميني صرفاً آنزيم‌بري و سپس در شرايط مشابه با ساير نمونه‌ها، سرخ شدند.

$$C = \frac{W_b - W_a}{W_a} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

كه در آن C %، W_a و W_b به ترتيب درصد پوشش‌دهي نمونه‌ها، وزن نمونه‌ها قبل از پوشش‌دهي و وزن نمونه‌ها بعد از پوشش‌دهي است.

سرخ كردن سيب‌زميني‌ها

ابتدا ميزان ۴۰۰ ميلي‌ليتر روغن خوراكي مخصوص سرخ‌كردني در دستگاه سرخ‌كن ريخته شده و در دماي ۱۸۰ درجه تنظيم و مدت ۵ دقيقه زمان جهت داغ شدن كامل روغن سپري گرديد. سپس نمونه‌ها به روش غوطه‌وري و به مدت ۴ دقيقه كاملاً سرخ شده و و پس از آن، چپيس‌ها توسط كاغذ جاذب، روغن‌گيري شده و پس از خنك شدن در كيسه‌هاي پلي‌اتيلني بسته‌بندی شده و در دماي محيط نگهداري شدند (Kurek و همكاران، ۲۰۱۹؛ Saad و Hallabo و همكاران، ۲۰۲۰).

² Sartorius PB 11
³ Memert UFE 500

تیرگی)، a^* (قرمزی) و b^* (زردی) با استفاده از پردازش دیجیتال تصاویر نمونه غذایی اندازه‌گیری می‌شود (Yagoobi و همکاران، ۲۰۱۳). در این مطالعه به دلیل استفاده از گوجه فرنگی فقط شاخص a^* که نشان دهنده تغییرات قرمزی رنگ محصول در اثر افزودن گوجه‌فرنگی است، مورد بررسی قرار گرفت.

ارزیابی آماری

آزمایش‌ها بر اساس مقادیر طراحی شده توسط نرم‌افزار دیزاین اکسپرت و حدود موجود در جدول ۱ انجام گرفتند. آنالیزهای آماری به منظور بررسی تأثیر هر یک از پارامترها بر روی مقادیر جذب روغن، رطوبت نمونه‌ها و بازده سرخ‌کردن انجام گردیدند. اعداد P -value و F -value برای متغیرهای مستقل استخراج گردیده و همچنین به منظور بررسی اثر این پارامترها، نمودارهای سه‌بعدی نیز برای آن‌ها ترسیم گردید.

(جدول ۱)

نتایج

آنالیز واریانس پاسخ‌ها

برای آنالیز نتایج حاصله و بهینه‌سازی آزمایش‌ها، بر اساس طراحی انجام‌گرفته توسط نرم‌افزار دیزاین اکسپرت، ۱۸ طرح بر پایه سه متغیر مستقل (درصد ژل آلوئه‌ورا، درصد صمغ عربی و درصد پودر گوجه‌فرنگی) ارائه گردید. در بررسی پارامترها، مقادیر F -value و P -value نشانگر اهمیت و تأثیرگذاری پارامتر بر روی مدل هستند. بدین صورت که هرچه F -value بیشتر و P -value کمتر باشد، تأثیرگذاری پارامتر بیشتر است. به منظور اینکه پارامتری معنی‌دار تلقی شود، عدد P -value آن باید کمتر از ۰/۰۵ بوده و مقادیر بیشتر از این عدد معمولاً بی‌معنی و قابل حذف هستند. ضرایب رگرسیونی نیز از معادلات پارامترهای مستقل محاسبه شده توسط نرم‌افزار استخراج گردیدند. همچنین ضریب همبستگی رگرسیونی (R^2) نیز که در حقیقت نشان‌دهنده هماهنگی میان مدل و نتایج آزمایش‌ها است و در این جدول برای هر پارامتر وابسته نوشته شده است.

(جدول ۲)

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی بر روی چیپس‌های سرخ‌شده

اندازه‌گیری راندمان سرخ‌کردن

راندمان سرخ‌کردن معیاری برای سنجش وزن نهایی محصول سرخ‌شده می‌باشد و در واقع بیانگر مقدار روغن جذب شده و رطوبت از دست رفته در نمونه‌های پوشش‌دهی شده می‌باشد (Ashrafi and Gheibi, ۲۰۱۸) که با استفاده از وزن ورقه‌های خام و سرخ شده پوشش‌دار و بر اساس رابطه ۲ محاسبه گردید (Ashrafi and Gheibi, 2009):

$$\%Fr = (C_w/C) \times 100 \text{ (رابطه ۲)}$$

که در این رابطه، $\% Fr$ ، C_w و C به ترتیب راندمان سرخ‌کردن، وزن چیپس‌های پوشش‌دار سرخ‌شده بر حسب گرم و وزن ورقه‌های خام پوشش‌دار سیب‌زمینی بر حسب گرم است.

اندازه‌گیری روغن چیپس‌ها

برای اندازه‌گیری میزان روغن نمونه‌ها، مطابق استاندارد AOAC (۲۰۰۵) و از روش سوکسله به همراه هگزان استفاده شد. سپس درصد روغن با فرمول زیر محاسبه گردید:

$$O_c = ((W_b - W_{ab}) / W_s) \times 100 \text{ (رابطه ۳)}$$

که در آن O_c ، W_b ، W_{ab} و W_s به ترتیب میزان روغن نمونه، وزن بالن، وزن بالن و روغن و وزن نمونه است.

اندازه‌گیری میزان رطوبت چیپس‌ها

برای اندازه‌گیری رطوبت چیپس‌های تهیه‌شده از روش AOAC (۲۰۰۵) استفاده گردید. مطابق این روش، ابتدا میزان ۱۰-۵ گرم نمونه به طور کامل خورد شده و در ظرف مخصوص داخل آون و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و تا زمانی که نمونه‌ها تغییر وزن نداشته باشند، در این دما نگهداری شدند. سپس میزان رطوبت نمونه‌ها با رابطه زیر محاسبه گردید:

$$W_c = (W_b - W_a) / W_b \text{ (رابطه ۴)}$$

که در آن W_c ، W_b و W_a به ترتیب میزان رطوبت نمونه‌ها، وزن نمونه‌ها قبل از خشک‌کردن و وزن نمونه‌ها بعد از خشک‌کردن در آون است.

ارزیابی رنگ

برای ارزیابی رنگ نمونه‌ها از روش پردازش تصویر میدان دید CIElab استفاده شد. در این روش، پارامترهای L^*

همان‌طور که در جدول ۲ قابل مشاهده است، در مورد پارامتر وابسته جذب روغن، نرم‌افزار مدل درجه دو^۴ ارائه کرده که در آن پارامتر X_1 (درصد ژل آلوئه‌ورا) در حالت توان ۱ و توان ۲ و پارامتر X_2 (درصد صمغ عربی) در حالت توان ۱ تأثیر معنی‌داری دارند ($P < 0.05$). در این مدل پارامتر مستقل درصد پودر گوجه‌فرنگی تأثیر معنی‌داری بر روی میزان جذب روغن نداشته و نرم‌افزار این پارامتر را از مدل حذف کرده است. مقدار ضریب R^2 نیز برای پاسخ جذب روغن ۰/۹۲۱۳ می‌باشد که نشانگر هماهنگی قابل قبول مدل پیش‌بینی شده توسط نرم‌افزار و نتایج حاصله از آزمایش‌ها است.

در مورد پارامتر وابسته محتوای رطوبت حفظ شده نیز نرم‌افزار مدل خطی ارائه کرده است. در این مدل، پارامترهای X_1 و X_2 تأثیر معنی‌داری داشته ($P < 0.05$) و پارامتر X_3 تأثیر معنی‌داری نداشته. مقدار ضریب R^2 برای محتوای رطوبت نمونه‌ها برابر با ۰/۹۳۰۴ بود که نشانگر هماهنگی خوب مدل پیش‌بینی شده نرم‌افزار با نتایج حاصل از آزمایشات است.

در مورد پارامتر راندمان سرخ‌کردن، نرم‌افزار یک مدل درجه دو ارائه کرد که در آن متغیرهای X_1 و X_2 به صورت تکی، دو متغیره و درجه دو تأثیر معنی‌داری بر راندمان سرخ‌کردن داشتند ($P < 0.05$). ضریب R^2 نیز برای این پارامتر ۰/۹۵۵۳ محاسبه شده که نشانگر هماهنگی خوبی میان مدل پیش‌بینی شده و نتایج حاصله می‌باشد. مطابق مدل ارائه‌شده توسط نرم‌افزار، متغیر X_3 (میزان پودر گوجه‌فرنگی) بر روی بازده سرخ‌کردن نیز تأثیر معنی‌داری نداشته است.

در بررسی پارامتر خواص حسی نرم‌افزار یک مدل درجه دو ارائه کرده است که در آن متغیر X_1 تأثیر معنی‌دار داشته ($P < 0.05$) و سایر متغیرها تأثیر چشمگیری نداشته‌اند ($P < 0.05$). همچنین مقدار R^2 نیز در این مدل ۰/۷۹۴۴ محاسبه گردید که نشانگر عدم تطابق کافی مدل رگرسیونی با داده‌های تجربی است.

همچنین بررسی پارامتر تغییرات رنگ نمونه‌ها نرم‌افزار مدلی خطی ارائه کرد که در آن پارامتر X_3 (غلظت پودر گوجه‌فرنگی) تأثیر معنی‌داری بر رنگ نمونه‌ها داشته ($P < 0.05$) و سایر پارامترها تأثیر معنی‌داری نداشتند. مقدار

R^2 برای این مدل ۰/۸۸۵۳ محاسبه گردید که نشانگر تطابق قابل قبولی میان داده‌های تجربی و مدل رگرسیونی ارائه شده توسط می‌باشد.

بررسی نمودارهای سه‌بعدی^۵ مدل‌های رگرسیونی

به منظور نمایش بهتر تأثیر متغیرهای مستقل بر روی پاسخ‌های دریافتی، ترسیم نمودارهای سه‌بعدی اثر بسیاری دارد. بنا بر گفته Gharibzahedi و همکاران، ۲۰۱۲، ارتباط میان پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل در نمودار سطح پاسخ (نمودار سه بعدی) قابل مشاهده است. در این نمودارها برهمکنش همزمان دو فاکتور بر روی پاسخ‌ها نمایش داده شده و بهینه‌ترین حالت متغیرهای مستقل مشخص می‌شود (Bas and Boyaci, ۲۰۰۷). قابل ذکر است برای ترسیم نمودارهای سه‌بعدی برای هر پارامتر وابسته، یکی از سه متغیر مستقل در مقدار میانی خود ثابت نگه داشته شده و نمودار بر اساس تغییرات دو متغیر دیگر ترسیم می‌شود (Tahir و همکاران، ۲۰۱۸).

بررسی اثر متغیرهای مستقل بر روی محتوای رطوبت

مطابق آنچه در بخش آنالیز واریانس پاسخ‌ها بیان شد، متغیرهای غلظت ژل آلوئه‌ورا و صمغ عربی تأثیر معنی‌داری بر روی محتوای رطوبت داشتند ($P < 0.05$) در حالی که پودر گوجه‌فرنگی تأثیر معنی‌داری بر روی محتوای رطوبت نداشت. این موارد در نمودارهای سه‌بعدی (شکل ۱) نیز قابل مشاهده است.

کمترین میزان محتوای رطوبت نمونه‌ها مربوط به نمونه شاهد بدون پوشش با ۱٪ محتوای رطوبت بود. همان‌طور که در شکل ۱ نیز قابل مشاهده است، با افزایش غلظت ژل آلوئه‌ورا و صمغ عربی، به صورت تکی یا همراه هم، محتوای رطوبت نمونه‌ها نیز افزایش یافت. به طوری که حداکثر محتوای رطوبت نمونه‌ها (۱۶٪) در حداکثر غلظت ژل آلوئه‌ورا و صمغ عربی (به ترتیب ۲۰٪ و ۵٪) مشاهده شد.

بررسی اثر دو متغیر غلظت ژل آلوئه‌ورا و غلظت پودر گوجه‌فرنگی (شکل ۱) نشان می‌دهد که کمترین محتوای رطوبت نمونه‌ها در غلظت صفر ژل آلوئه‌ورا و غلظت ۲٪ پودر گوجه‌فرنگی حاصل شده است. با افزایش غلظت ژل آلوئه‌ورا، محتوای رطوبت نمونه‌ها نیز افزایش یافت.

⁴ Quadratic equation

⁵ 3D Graphs

به طوری که در غلظت ۲۰٪ ژل آلوئه‌ورا و ۰٪ پودر گوجه‌فرنگی، محتوای رطوبت ۱۱٪ شده بود. بررسی دقیق‌تر نمودار سه‌بعدی شکل ۱ نشان می‌دهد که با حفظ غلظت ژل آلوئه‌ورا در صفر درصد و تغییر غلظت پودر گوجه‌فرنگی، تغییرات معنی‌داری در میزان رطوبت نمونه‌ها حاصل نشده است. این مورد بیانگر تأثیر نه‌چندان چشمگیر پودر گوجه‌فرنگی بر روی محتوای رطوبت نمونه‌ها است. مطابق آنچه در نمودارهای شکل ۱ قابل مشاهده است، کمترین میزان محتوای رطوبت در غلظت صفر صمغ عربی و غلظت ۲٪ پودر گوجه‌فرنگی دیده می‌شود. با افزایش درصد صمغ عربی، محتوای رطوبت نمونه‌ها افزایش می‌یابد. ولی در صورتی که میزان صمغ عربی را ثابت (صفر یا ۵٪) در نظر بگیریم و فقط درصد پودر گوجه‌فرنگی را افزایش دهیم، متوجه کاهش جزئی محتوای رطوبت می‌شویم که نشانگر تأثیر اندک و غیر معنی‌دار پودر گوجه‌فرنگی بر میزان رطوبت حفظ شده می‌باشد. (شکل ۱)

بررسی اثر متغیرهای مستقل بر روی جذب روغن

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره گردید، پارامترهای درصد ژل آلوئه‌ورا و درصد صمغ عربی بر روی جذب روغن تأثیر معنی‌داری داشتند در حالی که اثر درصد پودر گوجه‌فرنگی بر روی جذب روغن معنی‌دار نبود. این موارد در نمودارهای سه‌بعدی (شکل ۲) قابل مشاهده است.

بیشترین میزان جذب روغن در نمونه شاهد مشاهده شد (۴۲٪). همان‌طور که در نمودار سه‌بعدی شکل ۲، نمایش داده شده است (این نمودارها با ثابت گرفتن درصد پودر گوجه‌فرنگی در ۱٪ ترسیم شده‌است)، با افزایش درصد این پوشش‌ها، میزان جذب روغن کاهش یافت؛ به طوری که در حداکثر درصدهای مورد استفاده (ژل آلوئه‌ورا ۲۰٪ و صمغ عربی ۵٪) میزان جذب روغن به حداقل مقدار خود رسیده است. همچنین با دقت در نمودار سه‌بعدی مشاهده می‌شود که در غلظت صفر صمغ عربی، افزایش غلظت ژل آلوئه‌ورا باعث کاهش بیشتر جذب روغن (از حدود ۴۰٪ به حدود ۱۴٪) گشته است. در حالی که با غلظت صفر ژل آلوئه‌ورا، افزایش درصد صمغ عربی نتیجه در کاهش جذب روغن از حدود ۴۰٪ به حدود ۳۰٪ داشته است. این موضوع بیانگر تأثیر بیشتر درصد ژل آلوئه‌ورا بر روی جذب روغن می‌باشد.

همان‌طور که در نمودارهای سه‌بعدی شکل ۲ قابل مشاهده است (این نمودارها با ثابت گرفتن درصد صمغ عربی در ۲/۵٪ ترسیم شده است)، بیشترین میزان جذب روغن مربوط به غلظت صفر ژل آلوئه‌ورا و پودر گوجه‌فرنگی است (حدود ۳۵٪). با ثابت نگه‌داشتن درصد ژل آلوئه‌ورا در صفر و افزایش غلظت پودر گوجه‌فرنگی، هیچ‌گونه تغییری در میزان جذب روغن مشاهده نمی‌شود؛ در حالی که با افزایش درصد ژل آلوئه‌ورا، بی‌تأثیر از میزان درصد پودر گوجه‌فرنگی، باعث کاهش چشمگیر روغن جذب شده می‌شود. این مورد بیانگر تأثیر معنی‌دار میزان غلظت ژل آلوئه‌ورا و بی‌تأثیر بودن میزان غلظت پودر گوجه‌فرنگی است.

با بررسی نمودار سه‌بعدی شکل ۲ (این نمودارها با ثابت گرفتن درصد ژل آلوئه‌ورا در ۱۰٪ ترسیم شده است) مشاهده شد که بیشترین میزان جذب روغن در درصد صفر صمغ عربی و پودر گوجه‌فرنگی حاصل شده است (حدود ۲۰٪). مشابه آنچه که در شکل‌های ۲ بیان شد، در این نمودارها نیز قابل مشاهده است که افزایش یا کاهش پودر گوجه‌فرنگی تأثیر معنی‌داری بر روی میزان جذب روغن نداشته است؛ در حالی که افزایش درصد صمغ عربی از صفر به ۵ درصد باعث کاهش جذب روغن از حدود ۲۰٪ به حدود ۱۰٪ شده است.

(شکل ۲)

بررسی اثر متغیرهای مستقل بر روی راندمان

سرخ‌کردن

همان‌طور که در بخش آنالیز واریانس پاسخ‌ها بیان شد، متغیرهای مستقل غلظت ژل آلوئه‌ورا و صمغ عربی تأثیر معنی‌داری بر روی راندمان سرخ‌کردن داشتند ($P < 0.05$)، در حالی که غلظت پودر گوجه‌فرنگی بر روی این پارامتر بدون تأثیر بود. این موارد در نمودارهای سه‌بعدی شکل‌های ۳ قابل مشاهده است.

کمترین میزان راندمان سرخ‌کردن (۲۴/۸۸٪) در نمونه شاهد دیده شد و همان‌طور که در شکل ۳ نیز قابل مشاهده است، افزایش غلظت هر یکی از پوشش‌ها به تنهایی یا با هم، باعث افزایش راندمان سرخ‌کردن می‌شود. به طوری که در حداکثر غلظت آلوئه‌ورا و صمغ عربی (به ترتیب ۲۰٪ و ۵٪) بیشترین راندمان سرخ‌کردن (حدود ۶۱٪) مشاهده می‌شود. بررسی متغیرهای غلظت ژل آلوئه‌ورا و پودر گوجه‌فرنگی در نمودارهای سه‌بعدی شکل ۳ نشان می‌دهد

که حداقل راندمان سرخ کردن در غلظت‌های صفر ژل آلوتهورا و پودر گوجه‌فرنگی دیده می‌شود. با افزایش غلظت ژل آلوتهورا راندمان سرخ کردن از حدود ۳۵٪ به حدود ۵۳٪ افزایش می‌یابد؛ در حالی که افزایش غلظت پودر گوجه‌فرنگی تأثیری بر روی راندمان سرخ کردن ندارد. همان‌طور که نمودارهای سه‌بعدی شکل ۳ نشان می‌دهد، تأثیر غلظت صمغ عربی و پودر گوجه‌فرنگی بر روی راندمان سرخ کردن مشابه اثر غلظت ژل آلوتهورا و پودر گوجه‌فرنگی می‌باشد. بدین صورت که حداقل راندمان سرخ کردن در غلظت صفر این پارامترها مشاهده می‌شود و با افزایش غلظت صمغ عربی، راندمان سرخ کردن نیز افزایش می‌یابد. البته در این نمودارها نیز قابل مشاهده است که غلظت پودر گوجه‌فرنگی تأثیر معنی‌داری بر روی راندمان سرخ کردن ندارد.

(شکل ۳)

بررسی اثر پارامترهای مستقل بر روی رنگ نمونه‌ها

بر اساس آنچه در شکل ۴ مشخص شده است، پارامتر X_3 (غلظت پودر گوجه‌فرنگی) تأثیر معنی‌داری بر روی شاخص a^* نمونه‌ها داشت در حالی که پارامترهای X_1 و X_2 تأثیر معنی‌داری نداشتند.

شکل ۴ نمودار سه‌بعدی اثر متقابل غلظت ژل آلوتهورا و پودر گوجه‌فرنگی در پوشش‌دهی بر روی شاخص a^* نمونه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این نمودارها مشاهده می‌شود، افزودن پودر گوجه‌فرنگی تأثیر بسزایی در تغییر شاخص a^* که در حقیقت مربوط به میزان قرمزی نمونه می‌باشد، داشته است. افزایش غلظت پودر گوجه‌فرنگی باعث افزایش عدد a^* از حدود ۵ در غلظت ۰٪ پودر گوجه‌فرنگی، به حدود ۱۶ در غلظت ۲٪ آن به غلظت ۰٪ برای ژل آلوتهورا گردیده است. مشاهده می‌شود که افزایش غلظت ژل آلوتهورا در این حالت (با حفظ غلظت پودر گوجه‌فرنگی در ۲٪) باعث کاهش عدد a^* تا حدود ۱۵ گردیده است.

در شکل ۴، مشاهده می‌شود مشابه آنچه که در مورد اثر متقابل ژل آلوتهورا و پودر گوجه‌فرنگی بر روی رنگ نمونه‌ها بیان شد، در اینجا نیز نمودارها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار پودر گوجه‌فرنگی بر روی رنگ هستند؛ در حالی که

اثر غلظت صمغ عربی بر روی رنگ نمونه‌ها معنی‌دار نمی‌باشد.

بعلاوه افزایش درصد پودر گوجه‌فرنگی در پوشش با حفظ غلظت ۰٪ برای صمغ عربی، باعث می‌شود عدد a^* از حدود ۵ در غلظت ۰٪ پودر گوجه‌فرنگی و ۰٪ صمغ عربی، به حدود ۱۵/۵ در غلظت ۲٪ پودر گوجه‌فرنگی برسد. بررسی این نمودار نیز حاکی از آن است که تغییرات درصد صمغ عربی بر روی رنگ نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری نداشته است.

رنگ محصول از مهم‌ترین شاخصه‌های کیفی چپیس سیب‌زمینی بوده و نقش پر اهمیتی در مطلوبیت کلی نمونه و بازارپسندی آن دارد (Ashrafi and Gheibi, ۲۰۱۸). تغییراتی که در رنگ نمونه‌ها حاصل می‌شود، نتیجه قهوه‌ای شدن و واکنش بین قندهای احیا و پروتئین‌های موجود در اثر حرارت فرایند سرخ کردن است.

(شکل ۴)

جدول ۱: حدود مقادیر طراحی شده توسط نرم‌افزار دیزاین اکسپرت برای پارامترهای مستقل

نماد	متغیرهای مستقل	سطوح کد شده		
		-۱	۰	۱
X ₁	ژل آلوتئورا (درصد حجمی - حجمی)	۰	۱۰	۲۰
X ₂	صمغ عربی (درصد وزنی - وزنی)	۰	۲/۵	۵
X ₃	پودر گوجه‌فرنگی (درصد وزنی - حجمی)	۰	۱	۲

جدل ۲: جدول آنالیز واریانس پاسخها

متغیرها	جذب روغن			محتوای رطوبت			راندمان سرخ کردن			رنگ		
	ضریب رگرسیون	F-Value	P-Value	ضریب رگرسیون	F-Value	P-Value	ضریب رگرسیون	F-Value	P-Value	ضریب رگرسیون	F-Value	P-Value
X ₀	۱۶/۵			۱۱/۰۶			۴۹/۰۲			۱۰/۵۳		
خطی												
X ₁	-۲/۶۱۵	۱۳۲/۲۷	<./۰۰۰۱	۰/۴۵	۱۴۲/۶۲	<./۰۰۰۱	۱/۶۸۳۶۴	۹۷/۸۱	<./۰۰۰۱	-۰/۰۷۳۱۹	۱/۹۵	-۰/۱۸۴۱
X ₂	-۱/۷۸۰	۱۵/۸۶	۰/۰۰۱۴	۱/۰۴	۴۲/۰۲	<./۰۰۰۱	۶/۴۹۴۵۷	۱۰۶/۴۴	<./۰۰۰۱	-۰/۰۵۳۴۰	۰/۰۶۴۹	-۰/۸۰۲۶
X ₃	-	-	-	-۰/۳۰۰	۰/۶۲۳۹	۰/۴۳۹۲	-	-	-	۵/۳۹۷۳۵	۱۰۶/۰۶	<./۰۰۰۱
دو متغیره												
X ₁ X ₂	-	-	-	-	-	-	۰/۱۳۱۹۰	۹/۹۲	۰/۰۰۸۴	-	-	-
X ₁ X ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₂ X ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
درجه دو												
X ₁ ²	۰/۰۶۶۵۰	۱۵/۷۴	۰/۰۰۱۴	-	-	-	-۰/۰۵۴۳۶۰	۱۰/۴۴	۰/۰۰۷۲	-	-	-
X ₂ ²	-	-	-	-	-	-	-۰/۷۸۹۷۵۵	۸/۶۱	۰/۰۱۲۵	-	-	-
X ₃ ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²	۰/۹۲۱۲			۰/۹۳۰۴			۰/۹۵۵۳			۰/۸۸۵۳		

Design Expert® Software
Factor Coding Actual

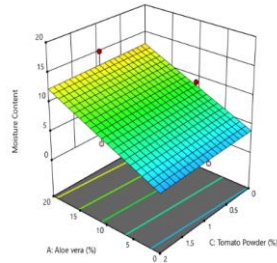
Moisture Content

● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value

1 16

X1 = A: Aloe vera
X2 = C: Tomato Powder

Actual Factor
B: Arabic Gum = 2.5



ب

Design Expert® Software
Factor Coding Actual

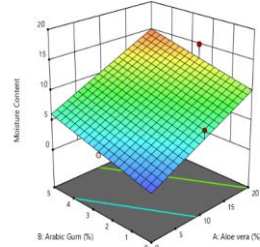
Moisture Content

● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value

1 16

X1 = A: Aloe vera
X2 = B: Arabic Gum

Actual Factor
C: Tomato Powder = 1



الف

Design Expert® Software
Factor Coding Actual

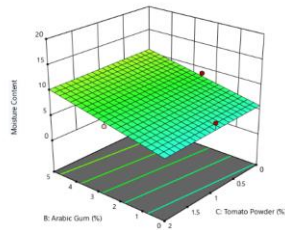
Moisture Content

● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value

1 16

X1 = B: Arabic Gum
X2 = C: Tomato Powder

Actual Factor
A: Aloe vera = 10



ج

شکل ۱: نمودارهای سه‌بعدی بررسی اثر متقابل الف: درصد ژل آلوئه‌ورا و صمغ عربی، ب: اثر متقابل درصد ژل آلوئه‌ورا و پودر گوجه‌فرنگی، ج: اثر متقابل درصد صمغ عربی و پودر گوجه‌فرنگی بر روی محتوای رطوبت نمونه‌ها

Design Expert® Software
Factor Coding Actual

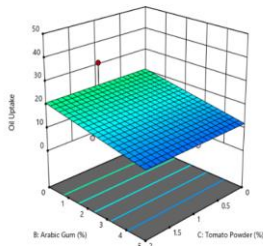
Oil Uptake

● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value

1.1 42

X1 = C: Tomato Powder
X2 = B: Arabic Gum

Actual Factor
A: Aloe vera = 10



ب

Design Expert® Software
Factor Coding Actual

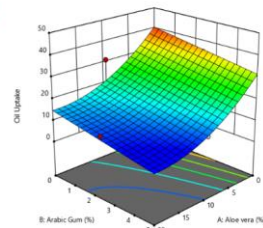
Oil Uptake

● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value

1.1 42

X1 = A: Aloe vera
X2 = B: Arabic Gum

Actual Factor
C: Tomato Powder = 1



الف

Design Expert® Software
Factor Coding Actual

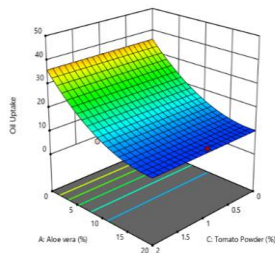
Oil Uptake

● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value

1.1 42

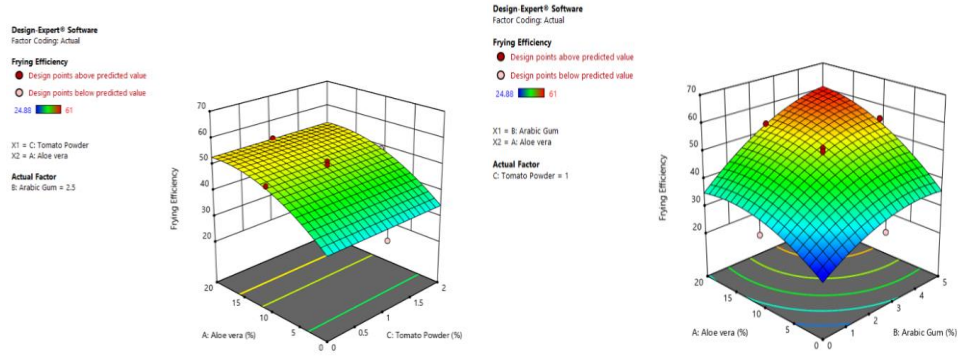
X1 = C: Tomato Powder
X2 = A: Aloe vera

Actual Factor
B: Arabic Gum = 2.5



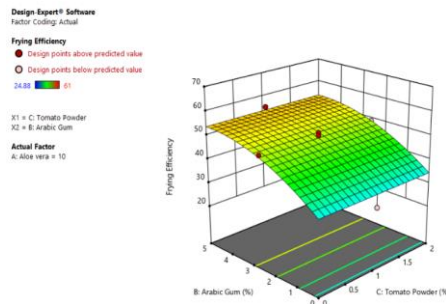
ج

شکل ۲: نمودارهای سه‌بعدی بررسی اثر متقابل الف: درصد ژل آلوتئورا و صمغ عربی، ب: درصد صمغ عربی و پودر گوجه‌فرنگی روی جذب روغن نمونه‌ها، ج: درصد ژل آلوتئورا و پودر گوجه‌فرنگی



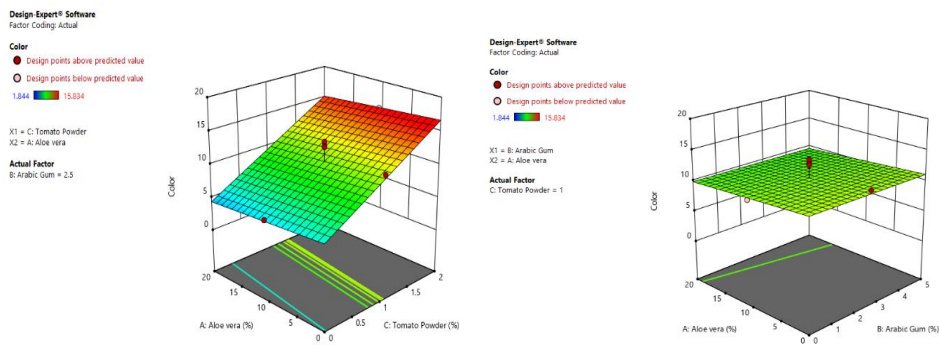
ب

الف



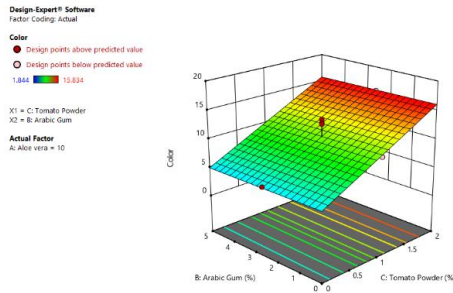
ج

شکل ۳: نمودارهای سه‌بعدی بررسی اثر متقابل الف: درصد ژل آلوتئورا و صمغ عربی، ب: درصد ژل آلوتئورا و پودر گوجه‌فرنگی، ج: درصد صمغ عربی و پودر گوجه‌فرنگی بر روی راندمان سرخ کردن نمونه‌ها



ب

الف



ج

شکل ۴: نمودارهای سه بعدی بررسی اثر متقابل الف: درصد ژل آلوتئورا و صمغ عربی، ب: درصد ژل آلوتئورا و پودر گوجه فرنگی، ج: درصد صمغ عربی و پودر گوجه فرنگی بر روی رنگ نمونه‌ها

بحث

گردید که نشان از همبستگی خوب ژل آلوتئورا و صمغ عربی دارد.

محققان بر این باورند که میزان روغن جذب شده با محتوای رطوبت نمونه‌ها در ارتباط است (Abbasi و همکاران، ۲۰۱۵). پوشش‌های هیدروکلوئیدی بخصوص پلیمرهای هیدروفیلیک خواص سد کنندگی خوبی در مقابل اکسیژن، کربن‌دی‌اکسید و لیپیدها از خود نشان می‌دهند (Latif و همکاران، ۲۰۲۰).

استفاده از پوشش‌دهی سبب ظرفیت حفظ رطوبت را افزایش داده و از تبخیر آن جلوگیری می‌کند، سطح سیب‌زمینی را تردتر کرده و باعث ایجاد ترک‌های ریزتری در مقایسه با حالت بدون پوشش می‌شود؛ در نتیجه جذب روغن کاهش می‌یابد (Thongkaew and Singthong، ۲۰۰۹؛ Mellema، ۲۰۰۳). از طرفی فیلم‌های کامپوزیت می‌توانند نقش امولسیفایر داشته و کشش سطحی میان روغن و نمونه غذایی را کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش روغن جذب شده گردد (Arslan و همکاران، ۲۰۱۸).

از طرفی دیگر، با افزایش میزان رطوبت محصول نهایی، وزن نهایی محصول نیز افزایش می‌یابد و همین می‌تواند عاملی برای افزایش بازده سرخ‌کردن تلقی شود. همان‌طور که در نتایج نیز مشاهده می‌گردد، راندمان سرخ‌کردن نمونه‌های بدون پوشش‌دهی کمترین مقدار (۲۴/۸۸٪) بوده

خواص سطح ماده غذایی خام قبل از سرخ‌کردن، در تعیین میزان روغن جذب شده و رطوبت نهایی بسیار پر اهمیت است. این خواص را می‌توان با اعمال پوشش‌هایی که ممکن است شفاف و نازک و یا ضخیم باشند، تغییر داد. Williams و همکاران، ۲۰۰۸، در مطالعه خود که در آن از صمغ‌های مختلفی همچون کربوکسی متیل سلولز، زانتان و صمغ گوار استفاده کرده بودند، مشاهده کردند که تمامی صمغ‌ها باعث حفظ محتوای رطوبت و کاهش روغن جذب شده شدند.

علاوه بر خواص سدکنندگی، انعطاف‌پذیری پوشش نیز یک ویژگی مهم و ضروری در پوشش است؛ چرا که حجم نمونه در طول سرخ‌کردن دائم تغییر می‌یابد و ممکن است پوشش آسیب دیده و یکپارچگی آن دچار اختلال شود (Varidi و همکاران، ۲۰۲۳). ژل آلوتئورا به تنهایی پوشش قابل قبولی برای مواد غذایی بوده و در مواد غذایی مختلفی و به همراه بیوپلیمرهای متفاوتی مورد استفاده قرار گرفته و نتایج خوبی در حفظ رطوبت و تازگی غذاهای خام و پخته‌شده نشان داده است (Maan و همکاران، ۲۰۲۱).

در این مطالعه نیز مشاهده شد که اثر ژل آلوتئورا به تنهایی باعث گردید که محتوای رطوبت نمونه‌ها به شکل معنی داری بالاتر بوده و استفاده همزمان از پوشش حاوی ۲۰٪ ژل آلوتئورا و ۵٪ صمغ عربی موجب حفظ بیشتر رطوبت

و با افزایش غلظت پوشش‌ها این مقادیر افزایش یافته و در درصدهای ۲۰، ۵ و ۲٪ از به ترتیب ژل آلوتهورا، صمغ عربی و پودر گوجه‌فرنگی به بیشترین مقدار خود یعنی ۶۱٪ رسیده است. علت این پدیده ممکن است به کیفیت پوشش‌دهی ورقه‌های سیب‌زمینی و خاصیت حفظ رطوبت این پوشش‌ها دانست. این حفظ رطوبت باعث تبخیر کمتر محتوای رطوبت نمونه‌ها شده و باعث افزایش راندمان سرخ‌کردن چیپس‌ها می‌شود (Karimi and Esmaeilzadeh Kenari, ۲۰۱۶).

در زمینه رنگ نمونه‌های چیپس، مطلوب‌ترین حالت این است که سیب‌زمینی‌ها روشن، طلایی و بدون سایه قهوه‌ای یا تیره باشد (Esmaeilzadeh Kenari و همکاران، ۲۰۱۸). سیستم رنگ‌سنجی رایجی که در مواد غذایی وجود دارد، استفاده از سیستم CIElab می‌باشد. در این سیستم، از سه شاخص رنگی L^* ، a^* و b^* استفاده می‌شود که در آن L^* ، a^* و b^* به ترتیب مؤلفه میزان روشنایی، میزان قرمزی و میزان زردی نمونه‌ها می‌باشد (Yaghoubi و همکاران، ۲۰۱۳). برای سنجش رنگ مواد غذایی از هر سه شاخص استفاده می‌گردد. هرچند در موارد خاص می‌توان مهم‌ترین شاخص را جدا کرده و بر اساس آن آزمایش‌های انجام شده را تحلیل نمود. بر اساس گزارش‌های Mabon (۱۹۹۳) در مورد آن دسته از مواد غذایی که منشأ گوجه‌فرنگی دارند و یا از گوجه‌فرنگی در ترکیبات آن استفاده گردیده است، ارزش شاخص a^* در رنگ‌سنجی ۲ تا ۴ برابر از سایر شاخص‌ها بیشتر است. شاخص a^* در مقادیر مثبت نشانگر رنگ قرمز و در مقادیر منفی نشانگر رنگ سبز نمونه بوده (Harold and Hunter, ۱۹۷۸) و به همین دلیل در ترکیبات دارای لیکوپن (همچون گوجه‌فرنگی) این شاخص عدد بزرگ‌تری دارد.

در این پژوهش نیز اثر کلی ژل آلوتهورا و صمغ عربی که یک فیلم نازک بی‌رنگ بر روی نمونه‌ها تشکیل داده بودند

بر روی شاخص a^* معنی‌دار نبود و افزایش غلظت‌های ژل آلوتهورا و صمغ عربی اثر معنی‌داری روی این شاخص نداشت. ولی افزایش غلظت پودر گوجه‌فرنگی سبب افزایش چشمگیر آن گردید.

نتیجه‌گیری کلی

سیب‌زمینی توسط ژل آلوتهورا، صمغ عربی و پودر گوجه‌فرنگی نشان داد که ژل آلوتهورا و صمغ عربی با کاهش میزان رطوبت از دست رفته در فرایند سرخ‌کردن سبب کاهش روغن جذب شده و افزایش بازده سرخ‌کردن گردیدند. مشاهده گردید تمامی نمونه‌های پوشش داده شده روغن کمتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش جذب کرده بودند. به علت اثر مستقیم و معنی‌دار ژل آلوتهورا و صمغ عربی بر روی محتوای رطوبت و متعاقباً اثر عکس آن‌ها بر روی میزان روغن جذب شده، بهترین نتایج در حالتی کسب گردید که میزان غلظت این پوشش‌ها در حداکثر خود یعنی به ترتیب ۲۰ و ۵٪ برای ژل آلوتهورا و صمغ عربی بود. از طرفی مشاهده گردید که پودر گوجه‌فرنگی تأثیر معنی‌داری بر روی میزان رطوبت، روغن جذب شده و راندمان سرخ‌کردن نداشته و در عوض تنها فاکتور معنی‌دار در رنگ نمونه‌ها بود و ژل آلوتهورا و صمغ عربی اثر معنی‌داری بر روی رنگ نمونه‌ها نداشتند. به طوری که قرمزی نمونه‌ها (شاخص a^*) در نمونه‌هایی که غلظت بالایی از پودر گوجه‌فرنگی در پوشش خود داشتند، بیشتر بود. نتیجه‌گیری کلی این تحقیق حاکی از آن است که پوشش‌دهی چیپس‌های سیب‌زمینی با ژل آلوتهورا و صمغ عربی می‌تواند باعث کاهش روغن جذب شده گردیده و محتوای رطوبت و بازده سرخ‌کردن را افزایش داده و محصولی باکیفیت، رنگ و طعم مطلوب و سالم تولید کند.

- Abbasi**, K. S., Masud, T., Ali, S., Mahmood, T., Hussain, A., Liaquat, M. and Jahangir, M. 2015. Quality of Potato Chips as Influenced by Aloe Vera Coating. *Journal of Food and Nutrition Research*, **3** (3): 157-161.
- Alipour**, M., Kashaninejad, M., Maghsoudlou, Y. and Jafari, M. 2009. Effects of carrageenan, oil temperature and time of frying on Oil Uptake of Fried Potato Products. *Journal of researches of food technology*, **5**(1): 21-27. (In Persian).
- Arslan**, M., Xiaboo, Z., Shi, J., Rakha, A., Hu, X., Zareef, M., Zhai, X. and Basheer, S. 2018. Oil uptake by potato chips or French fries: A review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **120** (10): 18-58.
- Ashrafi** Yourghanlou, R., Gheibi, N. 2018. Effect of Okra Mucilage and CMC on the Oil Uptake and Physicochemical Properties of French Fries during Deep-Fat Frying. *Iranian biosystem engineering*, **50**(1): 203-211. (In Persian).
- Bas**, D. and Boyaci, I. H. 2007. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, **78**: 836-845.
- Daraei** Garmakhany A., Mirzaei H., Nejad M. K., Maghsudlo Y. 2008. Study of oil uptake and some quality attributes of potato chips affected by hydrocolloids. *European Journal of Lipid Science & Technology*, **110**: 1045-1049.
- Esmailzadeh** Kenari, F., Esmailzadeh Kenari, R. and Khademi Shourmasti, D. 2018. The effects of locast bean and Avicennia marina seed gums on oil uptake and physicochemical of fried potato strips. *Journal of food science and technology*, **94** (16): 177-185. (In Persian).
- Gharibzahedi**, S. M. T., Mousavi, S. M., Hamed, M. and Ghasemlou, M. 2012. Response surface modeling for optimization of formulation variables and physical stability assessment of walnut oil-in-water beverage emulsions. *Food Hydrocolloids*, **26**: 293-301.
- Gibson**, S. and Kurilich, A. C. 2013. The nutritional value of potatoes and potato product in the UK diet. *Nutrition Bulletin*, **38**: 389-399.
- Hua**, X., Wang, Kun., Yang, R., Kang, J. and Yang, H. 2015. Edible coatings from sunflower head pectin to reduce lipid uptake in fried potato chips. *Food science and technology*, **62**(2): 1220-1225.
- Hunter**, R. S. and Harold, R. W. 1987. *The Measurement of Appearance*, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons.
- Karimi**, N. and Esmailzadeh Kenari, R. 2016. Functionality of Coatings with Salep and Basil Seed Gum for Deep Fried Potato Strips. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **93**: 243-250.
- Kaur**, S., Kumar, S., Bhat, Z. F. and Kumar, A. 2015. Effect of pomegranate seed powder, grape seed extract and tomato powder on the quality characteristics of chicken nuggets. *Nutrition & Food Science*, **45** (4): 583-594.
- Khezripourarab**, M., Hojjati, M. and Samavati, M. 2015. Effect of gum arabic and soybean soluble polysaccharide as coating agents on oil uptake and texture of French fries using Response Surface Methodology. *Journal of researches of food technology*, **25**(4): 623-638. (In Persian).
- Kurek**, M., Repajić, M., Marić, M., Ščetar, M., Trojić, P., Levaj, B. and Galić, K. 2020. The influence of edible coatings and natural antioxidants on fresh-cut potato quality, stability and oil uptake after deep fat frying. *Journal of Food Science and Technology*, **58**: 3073-3085.
- Latif**, N. A. M. Mat Ropi, A. A. Dos Mohamad A. M. 2020. Fat reduction and

characteristic enhancement of edible composite coating (Pectin-Maltodextrin) on fried potato chips. *Materials Today. Proceedings*, **31**: 79-84.

Liberty, J. T., Dehghannya, J. and Ngadi, M. O. 2019. Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, **92**: 172-183.

Lopez Pelastina, C.U., Aguirre Mancilla, C.L., Rara Perez, J.C., Ramirez Pimentel, J.G., Gutierrez Tlahque, J.G. and Hernandez Fuentes, A.D. 2018. The Effect of an Edible Coating with Tomato Oily Extract on the Physicochemical and Antioxidant Properties of Garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) Fruits. *Agronomy*, **8(11)**: 248-262.

Mabon, T. J. 1993. Color measurement of food. *Cereal Foods World*, **38 (1)**: 21-25.

Maan, A. A., Ahmed, Z. F. R., Iqbal Khan, M. K., Riaz, A. and Nazir, A. 2021. Aloe vera gel, an excellent base material for edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, **116**: 329-341.

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

Sadat Mousavian, D., Niazmand, R. and Sharayei, P. 2015. Decreasing Acrylamide Formation in Fried Potato Slices Using Hydrocolloid Coatings and Bene Kernel Oil. *Journal of agricultural science and technology*, **17**: 1725-1734.

Saad Hallabo, S. A., El-Nikeety, M. M. A., Mahmoud Allam, S. S and El-Hamied, A. G. A. 2019. Coating Materials as a Potential Pre-treatments for Reducing Oil Uptake of Fried Potato Chips. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, **11 (4)**: 96-103.

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

Su, Y. Zhang, M. Chitrakar, B. Zhang, W. 2021. Reduction of oil uptake with osmosis dehydration and coating pre-treatment in microwave-assisted vacuum fried potato chips. *Food Bioscience*, **39**: 100825

Tahir, M. Anwaar, A. Asif, A. Muhammad Sheeraz, A. 2018. Optimization of mixed surfactants-based β -carotene nanoemulsions using response surface methodology: An ultrasonic homogenization approach. *Food Chemistry*, **253**: 179-184.

Tiamiyu, Q.O., Adebayo, S.E. and Yusuf, A.A. 2023. Gum Arabic edible coating and its application in preservation of fresh fruits and vegetables: A review. *Food chemistry advances*, **2**: 100225.

Varidi, M. Ahmadzadeh-Hashemi, S. Nooshkam, M. 2023. Changes in fat uptake, color, texture, and sensory properties of Aloe vera gel-coated eggplant rings during deep-fat frying process. *Food Science & Nutrition*, **11**: 2027-2035.

Vorland, C. J. Bohan Brown M. M. Cardell M.I. Brown A. W. 2022. Traffic Light Diets for Childhood Obesity: Disambiguation of Terms and Critical Review of Application, Food Categorization, and Strength of Evidence. *Current Development in Nutrition*, **6 (3)**: nzac006

Williams, P. A. and Phillips, G. O. 2009. *Handbook of Hydrocolloids*, Cambridge: Woodhead Publishing.

Yagoobi Soureh, A., Alizadeh Khaledabad, M. and Rezazad Bari, M. 2013. Application of image processing for determination of L^* , a^* and b^* indices in color measurement of foods. *Journal of Food Research (Agricultural science)*, **23(3)**: 411-422. (In Persian).