بررسی اثرات عصاره آبی گلرنگ به عنوان رنگ طبیعی بر ویژگی‌های کیفی چیپس سیب‌زمینی طی نگهداری

محمد جواد جانی[a]، سمیه رحیمی[b]*، سارا کوهی کمالی[c]

[a] دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b] استادیار گروه صنایع غذایی و تبدیلی، پژوهشکده فناوری‌های شیمیایی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران
[c] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۲/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۳

چکیده

مقدمه: رنگ یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفی و بازارپسندی فراورده‌های غذایی به شمار می‌آید که می‌توان با استفاده از رنگ‌های طبیعی که دارای خواص سلامتی بخش شناخته شده‌ای نیز هستند، به این هدف دست یافت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش امکان کاربرد عصاره آبی گلرنگ به عنوان رنگ طبیعی در بهبود ویژگی‌های کیفی چیپس سیب‌زمینی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور عصاره گلرنگ در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲٪ استخراج و به دو روش غوطه‌وری و پاششی به چیپس اضافه گردید. آزمون‌های رنگ‌سنجی، بافت سنجی و حسی در بازه های زمانی ۰، ۳۰ و ۶۰ روز نگهداری در دمای محیط، اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: با افزایش غلظت عصاره گلرنگ، شاخص b^* و a^* افزایش یافته در حالی که شاخص L^* روند نزولی را طی نمود و طی دوره نگهداری نیز، کلیه شاخص‌های رنگی کاهش معنی‌داری یافتند (p ۰/۰۵). مطابق با نتایج بافت سنجی در تمامی روزهای مورد بررسی، اختلاف آماری معنی‌داری بین سختی (تردی) نمونه شاهد با نمونه‌های تهیه شده به روش غوطه‌وری مشاهده نشد (p ۰/۰۵)، در حالی که روش پاششی، موجب افزایش سختی و در نتیجه کاهش تردی در تمامی نمونه‌ها گردید. نمونه‌های تهیه شده به روش غوطه‌وری در مجموع بالاترین امتیاز ویژگی‌های حسی (رنگ، بو، مزه و بافت و پذیرش کلی) را کسب نمودند.

نتیجه‌گیری: در مجموع، چیپس تهیه شده به روش غوطه وری حاوی ۲ درصد عصاره گلرنگ، به دلیل دارا بودن بالاترین مقدار شاخص b^* (۷۷/ ±۴۵/۲۲)، کم ترین مقدار سختی (بیشترین تردی) (۰/۳۷±۴/۶۳ نیوتن) و بیشترین امتیاز پذیرش کلی (۰/۵۱±۴/۵۰)، بعد از ۶۰ روز نگهداری، به عنوان بهترین تیمار و روش غوطه وری موثرتر از روش پاششی در بهبود رنگ چیپس سیب زمینی تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: *چیپس سیب زمینی، گلرنگ، ویژگی‌های کیفی*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: s.rahimi@irost.ir

مقدمه

سیب زمینی نوعی غده زیرزمینی خوراکی با نام علمی *Solanum tuberosum* است که پس از محصولات استراتژیک گندم، ذرت و برنج، رتبه چهارم را در دنیا به خود اختصاص داده است (دهقانیان و همکاران، ۱۳۸۳؛ زارع میرک آبادی و همکاران، ۱۳۸۹). مطابق با آمار سازمان خوار و بار کشاورزی، کل تولید سالیانه سیب زمینی در جهان در سال ۲۰۱۲ بالغ بر بیش از ۳۶۴ میلیون تن برآورده شده است که بیش از ۲۵٪ آن در کشور چین تولید می‌گردد (FAO, 2014). سیب زمینی به دلیل وجود ۲/۱ درصد پروتئین با کیفیت بالا و قابلیت هضم آسان آن که حاوی مقادیر بالایی اسید آمینه لیزین و همچنین مواد معدنی مانند فسفر، آهن، مس، روی، گوگرد، سدیم و ویتامین هایی از جمله C، B کمپلکس و پرو ویتامین A می باشد، از نظر ارزش غذایی، به عنوان دومین منبع غذایی ساده جهان پس از تخم مرغ، معرفی شده است (دخانی و ربیعی مطمئن، ۱۳۸۰).

چیپس سیب زمینی یک نوع اسنک یا میان وعده بسیار محبوب تهیه شده از برش‌های نازک سیب زمینی و مورد مصرف تقریبا تمامی گروه‌های سنی محسوب می شود که دلیل محبوبیت قابل‌توجه آن، تغییراتی است که در ویژگی‌های فیزیکی و حسی سیب‌زمینی طی فرایند سرخ کردن رخ می‌دهد (Pedreschi *et al.*, 2004). رنگ در صنعت چیپس سیب زمینی، یکی از معیارهای کیفی مهم بوده که مصرف کننده قبل از این که چیپس را وارد دهان نماید، آن را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. رنگ در چیپس سیب‌زمینی تحت تاثیر درصد روغن و ضخامت ورقه‌ها است؛ هم چنین، با توجه به میزان قند و پروتئین موجود در سیب زمینی و امکان بروز واکنش میلارد و از سوی دیگر، دما و زمان فرآیند سرخ کردن، تغییراتی در رنگ چیپس ایجاد می‌شود (Pedreschi & Moyano, 2004; Pedreschi *et al.*, 2006).

گیاه گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. یکی از قدیمی‌ترین محصولات زراعی خاردار یکساله و مخصوص مناطق گرم استوایی آسیا، آفریقا تا روسیه و چین است. سطح کشت این گیاه در ایران در حدود ۶۰۰۰ هکتار با متوسط عملکرد یک تن در هکتار است که بیشترین سطح کشت آن، مربوط به استان‌های اصفهان، خراسان و یزد است (یساری و همکاران، ۱۳۹۲). دانه گلرنگ حاوی ۳۵-۴۵٪ روغن می‌باشد که به طور صنعتی استخراج می‌گردد. گل گلرنگ در طیف وسیعی از رنگ‌های سفید، زرد، نارنجی تا قرمز وجود دارد (Machewad *et al*, 2012) (شکل ۱). گلبرگ‌های گلرنگ دارای رنگدانه زرد محلول در آب (۳۰٪)، متشکل از دو رنگدانه زرد اصلی شامل رنگدانه هیدروکسی آ[1] و ب[2] و رنگدانه قرمز نامحلول در آب (۰/۸۳٪) با نام کارتامین[3] هستند که از لحاظ شیمیایی جزو چالکون‌ها (گلوکوزیل کوئینوچالکون[4]) و زیر شاخه‌ای از فلاونوئیدها می‌باشند (Yue *et al.*, 2013; Machewad *et al.*, 2012).

شکل ۱- تصاویر گیاه گلرنگ و گلبرگ‌های آن (Zhou *et al.*, 2014)

گلبرگ‌های خشک شده گلرنگ از حدود ۲۵۰۰ سال پیش در طب سنتی چین جهت درمان سکته مغزی، بیماری‌های قلبی- عروقی و همچنین برای تقویت گردش خون مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Yue *et al.*, 2013) و تحقیقات متعدد، اثرات درمانی و دارویی آن شامل فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی، کاهنده فشار خون، مهار تجمع پلاکتی، ضد افسردگی، ضد التهاب و مهار سرطان پوست را ثابت نموده‌اند (Hiramatsu *et al.*, 2009). در مواد غذایی نیز با توجه به اینکه استفاده از زعفران به‌عنوان یک رنگ طبیعی دارای هزینه بالایی می‌باشد، لذا گلرنگ به عنوان یک جایگزین مناسب و مقرون به صرفه استفاده می‌شود. از مزیت‌های اصلی رنگدانه زرد گلرنگ، محلول بودن آن در آب است که لذا به راحتی می‌تواند در فرمولاسیون مواد غذایی بکار برده شود. تاکنون از رنگدانه زرد گلرنگ در مواد غذایی مانند آب میوه،

[1] Hydroxy Safflor Yellow A (HSYA)
[2] Hydroxy Safflor Yellow B (SYB)
[3] Cartamin
[4] C-glucosyl Quinochalcone

ماست، دسر، آب نبات، نوشابه، شکلات، ژله و فرآورده‌های قنادی استفاده شده است (Yoon *et al.*, 2003). هم چنین، از گلبرگ خشک شده گلرنگ به عنوان ماده خام در تولید لوازم آرایشی–بهداشتی، رنگ کردن پارچه و لباس نیز استفاده می‌شود (Bernard *et al.*, 2011).

از جمله پژوهش‌هایی که کاربرد گلرنگ به عنوان رنگ طبیعی را در مواد غذایی بررسی نموده‌اند، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود؛ Danisova و Subinova در سال ۱۹۹۵، ثبات رنگدانه های زرد گلرنگ را در برخی از فرآورده های غذایی مانند نوشابه، شیرینی، آبنبات، ژلاتین قنادی و ماست، در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که رنگدانه اضافه شده، اثرات نامطلوبی در بو و طعم محصولات ایجاد نکرده و ثبات رنگ آن‌ها در طول دوره نگهداری رضایت بخش بود. Macheward و همکاران در سال ۲۰۱۲، رنگدانه‌های زرد گلرنگ را در دو سطح ۰/۰۶ و ۰/۰۹ میلی‌لیتر در هر لیتر از بستنی یخی اضافه نمودند که مطابق با نتایج آن‌ها، افزودن رنگدانه زرد موجب بروز اثرات معنی داری بر روی ویژگی‌های شیمیایی بستنی یخی مانند افزایش پروتئین، خاکستر و کربوهیدرات در مقایسه با نمونه شاهد گشته و سطح ۰/۰۶ میلی‌لیتر از رنگدانه با کسب پذیرش کلی بالا (امتیاز ۸/۸ از ۹) و طعم مطلوب (امتیاز ۸/۹ از ۹)، نتایج مطلوب تری را طی ارزیابی حسی نشان داد. Kim و همکاران در سال ۲۰۱۵، از فیبر گندم آغشته شده به رنگدانه قرمز گلرنگ در سوسیس استفاده نموده و اثر متقابل نیتریت و فیبر گندم را بر روی رنگ سوسیس پخته شده بررسی نمودند. نتایج حاکی از آن بودند که فیبر گندم آغشته به رنگدانه قرمز گلرنگ علاوه بر مهار اکسیداسیون، باعث بهبود رنگ و پخت گوشت و هم چنین افزایش رطوبت گردید که به‌علت طبیعی بودن رنگدانه، اثر سوء ایجاد نیتروزآمین‌ها را نیز در پی نخواهد داشت.

با در نظر گرفتن این که رنگ سیب‌زمینی بنا به رقم، محل کاشت، فصل برداشت، شرایط انبارمانی و غیره می‌تواند در درجاتی از رنگ زرد تغییر نماید و هم چنین طی فرآوری سیب‌زمینی به چیپس و در طول نگهداری آن نیز تغییرات و نوسانات زیادی در رنگ آن اتفاق می‌افتد، لذا به نظر می‌رسد بتوان با افزودن عصاره آبی گلرنگ به عنوان رنگ طبیعی به چیپس سیب‌زمینی، ضمن بهبود رنگ و بازار پسندی آن، ویژگی‌های کیفی چیپس را نیز ارتقاء بخشیده و با ارائه محصولی مطلوب‌تر، از بروز تغییرات نامطلوب در چیپس طی نگهداری نیز جلوگیری نمود.

مواد و روش‌ها

- استخراج عصاره آبی گلرنگ

گلبرگ‌های خشک شده گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) مورد استفاده در این تحقیق، از آدنیس گل دارو (تهران) تهیه شدند که در ابتدا مقدار رطوبت و خاکستر کل آن با استفاده از روش استاندارد ملی ایران به شماره ۵۵۶۴ (۱۳۷۹) اندازه‌گیری گردید.

برای استخراج رنگدانه زرد، گلبرگ‌های گلرنگ توسط آسیاب (Falling number، مدل Box 5101، ساخت آلمان) کاملا پودر شده و سپس به نسبت ۰/۵، ۱ و ۲ گرم در ۱۰۰ سی سی آب مقطر در دمای محیط به مدت ۲ ساعت خیس خورده و هم زده شدند؛ سپس مخلوط از صافی (مش ۲۰۰) عبور داده شد تا عصاره آبی از بخش جامد جدا گردد که درون ظروف تیره (جهت جلوگیری از اثرات احتمالی نور) جمع‌آوری شدند (Macheward *et al.*, 2012). سپس رنگ عصاره‌های تهیه شده با استفاده از دستگاه رنگ سنج (Hunter Lab، مدل D25-9000، امریکا) و در سیستم سه بعدی $L^*a^*b^*$ ارزیابی شد که در آن، شاخص L^*، شدت روشنایی (تیرگی–روشنی)، شاخص a^*، شدت قرمزی– سبزی و شاخص b^*، شدت زردی– آبی را مشخص می‌کند (Kim *et al.*, 2015).

- تهیه ورقه‌های سیب‌زمینی

در این تحقیق از سیب‌زمینی رقم آگریا (کشت و صنعت اردبیل) استفاده شد که در ابتدا مقدار رطوبت با روش خزاعی و همکاران (۱۳۹۰)، مقدار خاکستر کل با کمک استاندارد ملی ایران، شماره ۶۰۰۵ (۱۳۸۰) و شاخص‌های رنگ نیز به روش زمین دار و شاهدی (۱۳۸۵) اندازه‌گیری شدند. سپس، سیب زمینی‌های سالم، یکدست و یک اندازه (بیضی شکل با قطر بزرگ ۲±۱۲ cm و قطر کوچک ۲±۶ cm) انتخاب، شسته و پوست‌گیری شدند. جهت تهیه ورقه‌های سیب زمینی از دستگاه برش زن صنعتی (Ypto، مدل EB12، امریکا) استفاده گردید که سیب زمینی‌ها را به ورقه‌هایی با ضخامت ثابت ۱/۳ میلی متر برش داده و

سپس ورقه‌ها به منظور آنزیم بری، در محلول ۰/۲٪ متا بی‌سولفیت سدیم (Merck، آلمان) دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه تیمار شدند (جوکار و همکاران، ۱۳۸۵).

- تهیه نمونه‌های چیپس سیب زمینی

از دو روش جهت تهیه نمونه‌های چیپس سیب‌زمینی در این تحقیق استفاده شد:

الف) روش پاششی: در ابتدا ورقه‌های سیب زمینی در روغن سرخ کردنی پالم اولئین (گل بهار پارسیان) با دمای حدود ۱۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ دقیقه در سرخ کن صنعتی (Mulinex، فرانسه) سرخ شده (جوکار و همکاران، ۱۳۸۵) و سپس عصاره گلرنگ به کمک افشانه، بر روی آن‌ها پاشش گردید. در نهایت چیپس‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه در آون (Ghause، آلمان) خشک شدند.

ب) روش غوطه‌وری: در این روش، ابتدا ورقه‌های سیب‌زمینی، در عصاره آبی گلرنگ به مدت حداقل ۳ دقیقه (دمای اتاق) غوطه ور شده و سپس در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه خشک شدند؛ نمونه‌ها در نهایت، در روغن سرخ کردنی با دمای حدود ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ دقیقه سرخ شدند (جوکار و همکاران، ۱۳۸۵).

بدین ترتیب، نمونه‌های چیپس سیب‌زمینی در این تحقیق به شرح جدول ۱ تهیه شدند. لازم به توضیح است که آزمون های اولیه این تحقیق نشان داده بودند که استفاده از غلظت ۰/۵ الی ۲٪ از عصاره گلرنگ، از لحاظ شدت رنگی، مناسب بوده و رنگ زرد نسبتا مطلوبی را در چیپس ایجاد می‌نماید و لذا به‌عنوان دامنه غلظت مورد بررسی، انتخاب شدند. تیمار C0 نمونه شاهد است که مطابق با نمونه‌های تجاری چیپس و بدون هیچ گونه تغییری آماده شد. تمامی نمونه‌ها پس از خنک شدن در بسته‌بندی‌های غیرشفاف از جنس پلی‌اتیلن در دمای محیط به مدت ۶۰ روز نگهداری و آزمون‌های زیر، طی فواصل زمانی ۳۰ روزه بر روی آن‌ها انجام شدند.

جدول ۱- تیمار های چیپس سیب زمینی در این تحقیق

نمونه‌های چیپس	زمان افزودن عصاره گلرنگ	غلظت عصاره گلرنگ (٪)
C0 (شاهد)	-	-
C1	بعد از سرخ کردن برش‌های سیب زمینی (روش پاششی)	۰/۵
C2	بعد از سرخ کردن برش‌های سیب زمینی (روش پاششی)	۱
C3	بعد از سرخ کردن برش‌های سیب زمینی (روش پاششی)	۲
C4	قبل از سرخ کردن برش‌های سیب زمینی (روش غوطه وری)	۰/۵
C5	قبل از سرخ کردن برش‌های سیب زمینی (روش غوطه وری)	۱
C6	قبل از سرخ کردن برش‌های سیب زمینی (روش غوطه وری)	۲

- ارزیابی رنگ

رنگ چیپس‌ها پس از خرد و آسیاب شدن در هاون چینی، با استفاده از دستگاه رنگ سنج هانتر لب (Hunter Lab، مدل D25-9000، امریکا) و در سیستم سه بعدی $L^*a^*b^*$ ارزیابی شد (زمین دار و شاهدی، ۱۳۸۵؛ Leeratanarak *et al.*, 2006).

- آزمون بافت سنجی

برای بررسی مقاومت بافت، از آزمون از هم گسیختگی[1] و دستگاه بافت سنج (Instron، مدل 4301، انگلستان) استفاده شد. در این آزمون، چیپس سیب‌زمینی بر روی پایه مسطح تو خالی دستگاه به ابعاد ۴۰ میلی‌متر قرار گرفته و سپس، پروب استوانه‌ای مخصوص چیپس با سرعت ۶۰ mm/min، به وسط آن فرود آمد. حداکثر مقاومت (F_{max}) چیپس‌ها تا زمان ترک خوردگی، برای توصیف سختی بافت اندازه‌گیری شد (ترابی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Leeratanarak *et al.*, 2006).

- آزمون حسی

آزمون حسی شامل ارزیابی ویژگی‌های رنگ، بو، مزه، بافت و پذیرش کلی، با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای و توسط ۱۰ ارزیاب آموزش دیده و تخصصی در حوزه صنعت چیپس، با گروه سنی ۲۵ تا ۳۵ سال (۴ زن و ۶ مرد) انجام

[1] Rupture Test

شد. در این آزمون، امتیاز ۵ برای صفت بسیار خوب و امتیاز ۱ برای صفت بسیار ضعیف در نظر گرفته شد (دلوی و همکاران، ۱۳۹۱؛ نوری و همکاران، ۱۳۹۵).

- تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش بر اساس طرح کاملاً تصادفی طراحی و کلیه آزمون‌ها حداقل در ۳ تکرار انجام شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و روش تجزیه واریانس یکطرفه[1] انجام شد که در صورت معنی‌دار بودن تفاوت بین تیمارها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

یافته‌ها

- بررسی ویژگی‌های گلرنگ

مطابق با جدول ۲، گلرنگ مورد استفاده در این تحقیق دارای حدود ۷/۴۸ درصد رطوبت و ۶/۶۳ درصد خاکستر کل بود که در محدوده استاندارد گلرنگ (استاندارد ملی ایران به شماره ۵۵۶۴، ۱۳۷۹) قرار دارد. با افزایش غلظت عصاره آبی گلرنگ از ۰/۵ تا ۲ درصد، مشاهده گردید که مقدار شاخص L^* یا روشنایی کاهش یافته ولی بر مقدار شاخص‌های a^* و b^* افزوده شد. علت کاهش L^* را می‌توان به افزایش محتوای رنگدانه‌های زرد در محیط آبی و در نتیجه کاهش شفافیت محلول نسبت داد و همچنین علت افزایش a^* و b^* نیز به سبب افزایش حضور رنگ زرد در محلول و گرایش آن به سمت بروز رنگ‌های طیف قرمز و زرد است.

جدول ۲- برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی گلرنگ

	رطوبت (درصد وزنی)	۷/۴۸±۰/۴۴
	خاکستر کل (درصد وزنی)	۶/۶۳±۰/۱۱
L^*	عصاره آبی ۰/۵ ٪	۴۳/۱۵±۰/۴۸ c
	عصاره آبی ۱ ٪	۳۳/۱۴±۰/۲۰ b
	عصاره آبی ۲ ٪	۱۹/۹۶±۰/۶۵ a
a^*	عصاره آبی ۰/۵ ٪	۸/۴۹±۰/۲۰ a
	عصاره آبی ۱ ٪	۱۷/۵±۰/۱۷ b
	عصاره آبی ۲ ٪	۳۱/۴۴±۰/۱۸ c
b^*	عصاره آبی ۰/۵ ٪	۴۱/۴۵±۰/۲۱ a
	عصاره آبی ۱ ٪	۴۵/۵±۰/۱۳ b
	عصاره آبی ۲ ٪	۵۰/۵±۰/۳۸ c

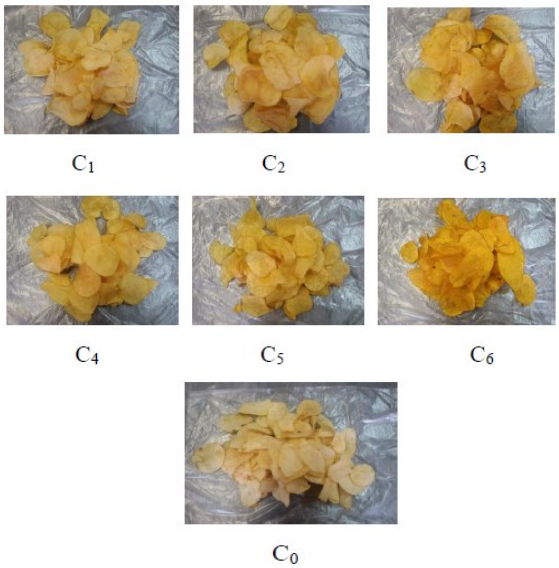
داده‌ها میانگین حداقل ۳ تکرار هستند (انحراف معیار± میانگین). حروف متفاوت برای هر یک از شاخص‌های رنگی به‌طور جداگانه، نشان دهنده معنی‌دار بودن اثر غلظت عصاره بر آن شاخص است ($p<۰/۰۵$).

- بررسی ویژگی‌های سیب‌زمینی

سیب‌زمینی مورد استفاده در این تحقیق، به علت داشتن ۸۰/۰۷±۰/۷۲ درصد رطوبت (حدود ۲۰/۳۸ درصد ماده خشک) و ۵/۴۳±۰/۲۱ درصد خاکستر کل، برای تهیه چیپس سیب‌زمینی مناسب بود که با نتایج یقبانی و محمدزاده (۱۳۸۴) مطابقت دارد. از سوی دیگر، مقدار شاخص‌های رنگی L^*، a^* و b^* سیب‌زمینی به ترتیب برابر با ۷۳/۵۹±۰/۲۰، ۱۸/۴۴±۰/۰۹ و ۳۸/۳۳±۰/۱۱ اندازه‌گیری گردید.

- بررسی اثر متغیرها بر ویژگی‌های رنگی چیپس سیب زمینی

در شکل ۲، تصاویر نمونه‌های چیپس تهیه شده از تیمارهای مختلف در این تحقیق آورده شده‌اند، که تفاوت ظاهری مابین آن‌ها به لحاظ رنگ، به خوبی قابل مشاهده است و موید نتایج حاصل شده از ارزیابی رنگ است که در بخش‌های بعدی شرح داده شده‌اند.



شکل ۲- تصاویر نمونه‌های چیپس سیب زمینی تهیه شده در این تحقیق (کدهای نمونه‌ها مطابق با جدول ۱ هستند).

[1] One Way ANOVA

شاخص a^* نشان دهنده رنگ‌های سبز- قرمز است که مثبت تر شدن آن، افزایش رنگ قرمز را نشان می‌دهد (یزدان پناه و ضیایی فر، ۱۳۹۳). یافته ها نشان دادند که تاثیر تمامی متغیرهای مورد مطالعه در این پژوهش بر شاخص a^* نمونه‌های چیپس معنی‌دار بوده است ($p<۰/۰۵$). همان گونه که در بخش‌های قبلی ذکر گردید، مقدار a^* یا قرمزی در سیب زمینی خام مورد استفاده در این تحقیق برابر با ۱۸/۴۴±۰/۰۹ بوده است که طی سرخ کردن آن و تبدیل ورقه های سیب زمینی به چیپس، مقدار آن در نمونه‌ها کاهش یافت (جدول ۴).

پارامتر b^* شاخص آبی- زرد است که مثبت تر شدن آن، افزایش رنگ زرد را در پی دارد (یزدان پناه و ضیایی‌فر، ۱۳۹۳). مطابق با داده‌های جدول ۵، اثر غلظت عصاره گلرنگ و نحوه افزودن آن به چیپس سیب‌زمینی، بر شاخص b^* معنی‌دار بوده ($p<۰/۰۵$) و با افزایش غلظت عصاره نیز افزوده می‌گردد. مطابق با نتایج به دست آمده، مقدار b^* در سیب زمینی خام برابر با ۳۸/۳۳±۰/۱۱ بوده است و از سوی دیگر، غلظت‌های مختلف عصاره گلرنگ دارای زردی در محدوده ۵۰/۵۰- ۴۱/۴۵ بودند (جدول ۲)، که پس از تهیه نمونه‌های چیپس سیب‌زمینی و سرخ کردن آن‌ها، مقدار b^* یا زردی در آن ها به محدوده قابل قبولی می‌رسد؛ به عبارت دیگر، افزودن عصاره زرد رنگ گلرنگ به چیپس، موجب افزایش زردی ورقه‌های چیپس سیب زمینی در این تحقیق شده است که با مقایسه تصاویر شکل ۱ و شاخص b^* نمونه‌ها، کاملا مشهود است. اثر ۶۰ روز نگهداری نیز بر شاخص b^* تمامی نمونه‌ها معنی‌دار بوده است ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳- شاخص L^* نمونه های چیپس سیب زمینی طی ۶۰ روز نگهداری در دمای محیط

نمونه‌های چیپس سیب زمینی	روز ۰	روز ۳۰	روز ۶۰
C0	۶۵/۲۲±۰/۶۵ ^{f,C}	۴۸/۷۸±۰/۹۸ ^{g,B}	۴۲/۹۳±۰/۶۱ ^{e,A}
C1	۶۳/۲۱±۰/۵۲ ^{e,C}	۴۷/۰۷±۰/۷۰ ^{f,B}	۴۱/۷۹±۰/۷۱ ^{e,A}
C2	۶۲/۴۲±۰/۲۸ ^{de,C}	۴۵/۰۵±۰/۷۰ ^{e,B}	۴۰/۲۱±۰/۱۸ ^{d,A}
C3	۶۱/۸۹±۰/۲۲ ^{d,C}	۴۳/۷۳±۰/۳۲ ^{d,B}	۳۹/۲۲±۰/۵۰ ^{cd,A}
C4	۵۳/۰۶±۰/۵۷ ^{c,C}	۴۱/۰۱±۰/۴۰ ^{c,B}	۳۸/۶۸±۰/۴۸ ^{c,A}
C5	۵۲/۰۷±۰/۴۵ ^{b,C}	۳۸/۴۲±۰/۸۱ ^{b,AB}	۳۶/۷۰±۰/۹۳ ^{b,A}
C6	۴۷/۸۹±۰/۵۹ ^{a,C}	۳۳/۱۵±۰/۷۴ ^{a,B}	۳۰/۶۵±۰/۵۰ ^{a,A}

داده‌ها میانگین حداقل ۳ تکرار بوده (انحراف معیار± میانگین) و کدهای نمونه ها مطابق با جدول ۱ هستند. حروف کوچک متفاوت در هر ستون، نشان دهنده معنی دار بودن اثر افزودن عصاره گلرنگ و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف، نشان دهنده معنی دار بودن اثر دوره نگهداری است ($p<۰/۰۵$).

جدول ٤- شاخص a^* نمونه های چیپس سیب زمینی طی ٦٠ روز نگهداری در دمای محیط

نمونه های چیپس سیب زمینی	روز ۰	روز ۳۰	روز ٦٠
C0	۹/۶۴±۰/۴۵ ^{a,C}	۴/۶۹±۰/۲۴ ^{a,B}	۰/۸۶±۰/۶۷ ^{a,A}
C1	۱۰/۵۸±۰/۵۲ ^{b,C}	۳/۹۰±۰/۵۲ ^{a,B}	۰/۸۷±۰/۵۸ ^{a,A}
C2	۱۱/۳۲±۰/۱۶ ^{c,C}	۵/۸۵±۰/۵۰ ^{b,B}	۲/۹۹±۰/۱۹ ^{b,A}
C3	۱۲/۷۸±۰/۲۷ ^{d,C}	۷/۸۵±۰/۹۴ ^{c,B}	۴/۰۵±۰/۶۷ ^{b,A}
C4	۱۲/۰۹±۰/۰۳ ^{d,C}	۸/۰۴±۰/۳۵ ^{c,B}	۱/۱۷±۰/۹۶ ^{a,A}
C5	۱۴/۴۴±۰/۵۲ ^{e,C}	۹/۳۱±۰/۷۵ ^{d,B}	۵/۳۸±۰/۵۸ ^{c,A}
C6	۱۶/۸۸±۰/۴۶ ^{f,C}	۱۲/۲۹±۰/۸۴ ^{e,B}	۸/۸۸±۰/۴۷ ^{d,A}

داده‌ها میانگین حداقل ۳ تکرار بوده (انحراف معیار± میانگین) و کدهای نمونه ها مطابق با جدول ۱ هستند. حروف کوچک متفاوت در هر ستون، نشان دهنده معنی دار بودن اثر افزودن عصاره گلرنگ و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف، نشان دهنده معنی دار بودن اثر دوره نگهداری است ($p<۰/۰۵$).

جدول ۵- شاخص b^* نمونه های چیپس سیب زمینی طی ۶۰ روز نگهداری در دمای محیط

نمونه‌های چیپس سیب زمینی	روز ۰	روز ۳۰	روز ۶۰
C0	۴۲/۱۴±۰/۶۱ a,C	۳۶/۹۴±۰/۵۹ a,B	۳۰/۸۳±۰/۶۲ a,A
C1	۴۳/۹۲±۰/۷۱ bc,C	۳۸/۸۵±۰/۷۶ b,B	۳۳/۳۸±۰/۹۱ b,A
C2	۴۴/۰۵±۰/۱۸ bc,C	۴۰/۶۴±۰/۶۵ c,B	۳۷/۵۰±۰/۵۷ c,A
C3	۴۸/۹۶±۰/۵۰ d,C	۴۲/۹۵±۰/۶۶ d,AB	۴۰/۵۵±۰/۶۷ d,A
C4	۴۵/۰۴±۰/۴۸ c,C	۴۰/۱۳±۰/۸۰ c,B	۳۳/۹۵±۰/۶۵ b,A
C5	۵۰/۳۲±۰/۹۳ e,C	۴۲/۸۲±۰/۳۴ d,B	۳۸/۵۶±۰/۷۲ c,A
C6	۵۷/۱۲±۰/۵۰ f,C	۵۲/۹۱±۰/۶۶ e,B	۴۵/۲۲±۰/۷۷ e,A

داده‌ها میانگین حداقل ۳ تکرار بوده (انحراف معیار± میانگین) و کدهای نمونه ها مطابق با جدول ۱ هستند. حروف کوچک متفاوت در هر ستون، نشان دهنده معنی دار بودن اثر افزودن عصاره گلرنگ و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف، نشان دهنده معنی دار بودن اثر دوره نگهداری است ($p<۰/۰۵$).

- بررسی اثر متغیرها بر بافت چیپس سیب زمینی

بررسی مطالعات صورت گرفته بر روی چیپس نشان داد که اغلب جهت ارزیابی بافت چیپس، از پروب‌های استوانه‌ای با قطر کم استفاده شده و نیرو تا زمانی وارد می‌شود که ترک یا شکستگی در نمونه مشاهده گردد که همان گونه که در بخش مواد و روش‌ها ذکر گردید، تحت عنوان آزمون از هم گسیختگی شناخته می‌شود. از سوی دیگر، سختی بافت چیپس سیب زمینی رابطه معکوسی با میزان تردی آن دارد، به‌طوری که هر چقدر میزان سختی بافت کمتر باشد، میزان تردی آن بیشتر خواهد بود (Yu *et al*, 2016؛ Leeratanarak *et al*, 2006).

بر اساس داده‌های جدول ۶، در تمامی روز های مورد بررسی، اختلاف آماری معنی‌داری بین سختی نمونه شاهد با نمونه‌های تهیه شده به روش غوطه‌وری مشاهده نمی‌شود ($p>۰/۰۵$)؛ در حالی که روش پاششی، موجب افزایش سختی و در نتیجه کاهش تردی در تمامی نمونه‌ها شده است. قابل توجه است که با افزایش مدت زمان نگهداری، مقدار سختی روند افزایشی و بر عکس، مقدار تردی روند کاهشی معنی‌داری را طی نموده‌اند و بعد از ۶۰ روز نگهداری، تردترین نمونه، نمونه C_6 (تهیه شده به روش غوطه‌وری حاوی ۲٪ عصاره گلرنگ) با سختی برابر با ۴/۶۳±۰/۳۷ نیوتن شناخته شد.

- بررسی اثر متغیرها بر ویژگی‌های حسی چیپس سیب‌زمینی

مطابق با شکل ۲، ارزیابان حسی تقریبا در تمامی ویژگی‌های مورد بررسی و طی ۶۰ روز نگهداری، چیپس‌های تهیه شده به روش غوطه وری را بر نمونه‌های تهیه شده به روش پاششی ترجیح دادند و تقریبا در تمامی موارد، نمونه شاهد کمترین امتیاز را طی ارزیابی حسی کسب نمود. عموما با افزایش غلظت عصاره آبی گلرنگ نیز، امتیاز ویژگی‌های حسی افزایش یافته و یا حداقل ثابت باقی ماند. پس از ۶۰ روز نگهداری، بیشترین و کمترین امتیاز پذیرش کلی به ترتیب به نمونه‌های C_6 (تهیه شده به روش غوطه وری حاوی ۲٪ عصاره گلرنگ) (۴/۵۰±۰/۵۱) و شاهد (۲/۹۰±۰/۵۶) اختصاص یافت.

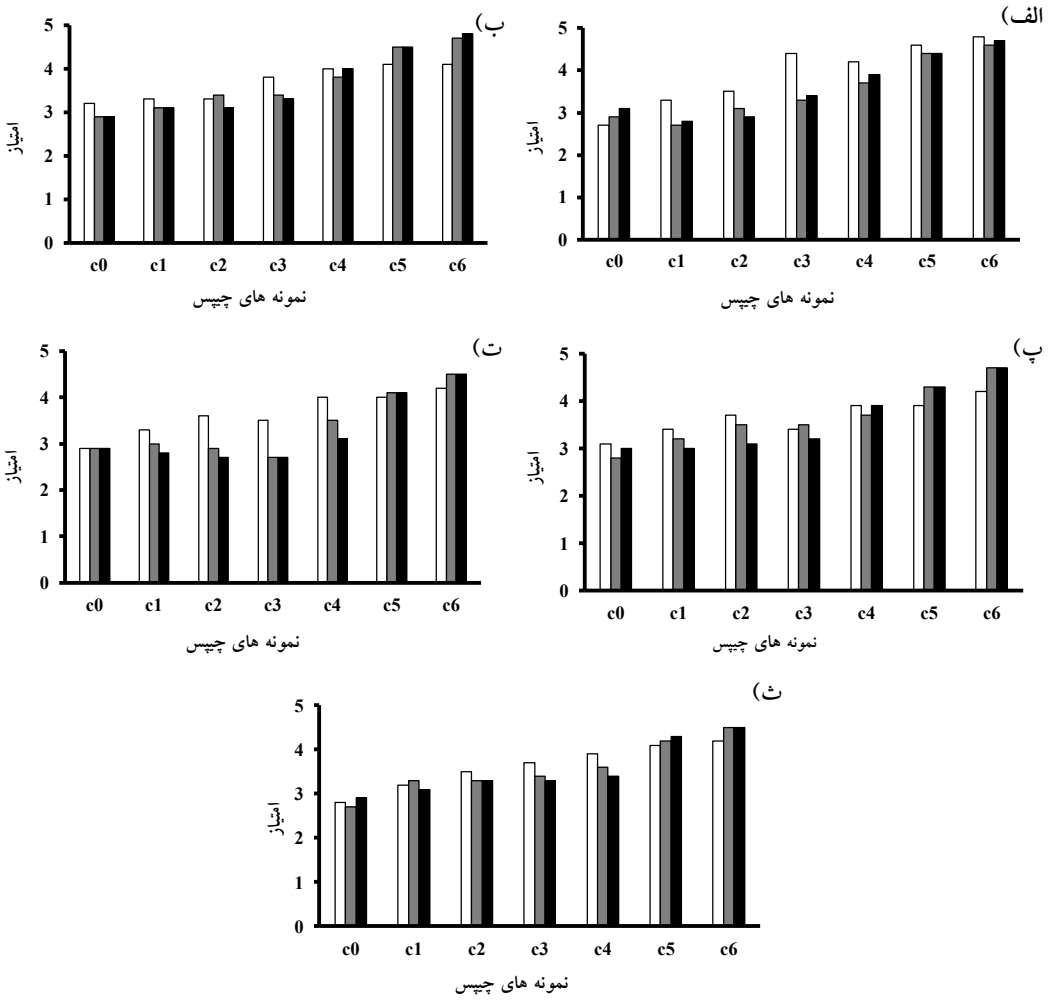
بحث

نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های رنگی چیپس سیب‌زمینی نشان داد که با گذشت مدت زمان نگهداری، L^* در تمامی نمونه‌ها کاهش یافته و این افزایش تیرگی در فاصله زمانی بین صفر تا ۳۰ روز، بیشتر از ۳۰ تا ۶۰ روز نگهداری بوده است (جدول ۳) که دلیل احتمالی آن، بروز واکنش‌های قهوه‌ای شدن طی نگهداری می‌باشد. با مقایسه نمونه‌های پاششی نسبت به نمونه‌های غوطه‌وری در یک غلظت ثابت، کاهش بیشتری در شاخص L^* مشاهده گردید که می‌تواند به سبب افزایش واکنش میلارد در پی گرمادهی مجدد نمونه‌های پاششی، جهت خشک‌کردن عصاره گلرنگ پاشیده شده به ورقه‌ها، باشد که با نتایج زمین‌دار و شاهدی (۱۳۸۵) مبنی بر اینکه حرارت‌دهی در گرمخانه باعث افزایش واکنش میلارد و در نتیجه تیرگی بیشتر در ورقه‌های چیپس سیب زمینی می‌شود، مطابقت دارد. در

جدول ٦- مقدار سختی (نیوتن) نمونه‌های چیپس سیب زمینی طی ٦٠ روز نگهداری در دمای محیط

نمونه‌های چیپس سیب زمینی	روز ۰	روز ۳۰	روز ٦٠
C0	۲/۰۰±۰/۲۵ a,A	۴/۲۳±۰/۴۰ a,B	۵/۱۴±۰/۳۳ a,BC
C1	۳/۴۷±۰/۲۸ b,A	۵/۴۴±۰/۳۷ b,B	۶/۲۱±۰/۴۳ b,BC
C2	۳/۶۴±۰/۰۹ b,A	۵/۲۸±۰/۳۶ b,B	۶/۴۹±۰/۳۷ b, BC
C3	۳/۳۳±۰/۱۸ b,A	۵/۳۵±۰/۲۷ b,B	۶/۴۷±۰/۴۷ b, BC
C4	۱/۷۳±۰/۶۰ a,A	۳/۷۰±۰/۸۰ a,B	۴/۷۲±۰/۵۲ a, BC
C5	۱/۵۲±۰/۵۰ a,A	۳/۵۲±۰/۷۵ a,B	۴/۶۹±۰/۵۸ a, BC
C6	۱/۳۷±۰/۱۷ a,A	۳/۴۱±۰/۳۲ a,B	۴/۶۳±۰/۳۷ a, BC

داده‌ها میانگین حداقل ۳ تکرار بوده (انحراف معیار± میانگین) و کدهای نمونه‌ها مطابق با جدول ۱ هستند. حروف کوچک متفاوت در هر ستون، نشان دهنده معنی دار بودن اثر افزودن عصاره گلرنگ و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف، نشان دهنده معنی دار بودن اثر دوره نگهداری است ($p<۰/۰۵$).



شکل ۲- نمودار نتایج ارزیابی حسی الف) رنگ، ب) بو، پ) مزه، ت) بافت و ث) پذیرش کلی نمونه های چیپس سیب زمینی در روزهای صفر (ستون سفید)، ۳۰ (ستون خاکستری) و ٦٠ (ستون سیاه) طی نگهداری در دمای محیط (کدهای نمونه ها مطابق با جدول ۱ هستند).

پژوهشی که Leeratanarak و همکاران (۲۰۰۶) بر روی روش‌های مختلف خشک کردن چیپس سیب‌زمینی پرداختند، نشان دادند که با افزایش دمای خشک‌کن، میزان قهوه‌ای شدن و شاخص L^* در نمونه‌ها کاهش یافت که علت آن را مرتبط با بروز قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در ورقه‌های چیپس سیب زمینی دانستند. Santis و همکاران (۲۰۰۷) نیز جهت بهبود ویژگی‌های ظاهری چیپس سیب‌زمینی و کاهش تیرگی آن، از خیساندن ورقه‌های سیب‌زمینی در محلول ۳٪ نمک طعام استفاده کرده و نشان دادند که خیساندن ورقه های سیب زمینی در محلول نمک به مدت ۵ دقیقه می‌تواند تا L^* ۵، رنگ چیپس‌های نهایی را روشن‌تر کند.

مطابق با جدول ۴، با افزایش غلظت عصاره گلرنگ در نمونه‌های چیپس (چه تهیه شده به روش غوطه‌وری و یا پاششی)، مقدار a^* در تمامی نمونه‌ها افزایش یافت که البته در تطابق با روند افزایشی مشاهده شده در مقدار a^* عصاره آبی گلرنگ می‌باشد (جدول ۲). شاخص b^* نیز طی ۶۰ روز نگهداری در تمامی نمونه‌ها، روند کاهشی را نشان داد که علت آن تجزیه شدن تدریجی رنگدانه‌های زرد گلرنگ طی نگهداری است؛ به‌طوری‌که Shin و Yoo (۲۰۱۲) طی تحقیقی اثبات نمودند که طی ۲۰۰ ساعت نگهداری عصاره زرد گلرنگ، حدود ۹۳٪ آن پایدار بوده و حدود ۷٪ عصاره تجزیه می‌شود که البته نگهداری ۶۰ روزه نمونه‌های چیپس در قیاس با ۲۰۰ ساعت مورد بررسی در تحقیق فوق، قابل توجه است. Bouaziz و همکاران (۲۰۱۶) نیز که از صمغ بادام در مقایسه با صمغ عربی جهت پوشش دهی و بهبود ویژگی‌های کیفی چیپس سیب‌زمینی استفاده نمودند، نشان دادند که شاخص b^* در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با صمغ بادام به طور معنی داری بالاتر از پوشش‌دهی با صمغ عربی و یا نمونه شاهد بود که آن را نتیجه مثبتی در ویژگی‌های کیفی چیپس ارزیابی نمودند.

نتایج آزمون بافت‌سنجی حاکی از آن بودند که افزودن عصاره گلرنگ به چیپس به روش غوطه‌وری نمی‌تواند تغییر منفی در بافت چیپس ایجاد نماید، در حالی که حتی اثر آن بر بهبود بافت چیپس با افزایش تردی (کمتر بودن سختی در مقایسه با نمونه شاهد) قابل توجه است. این در حالی است که تهیه نمونه‌های چیپس به روش پاششی، موجب افزایش سختی و در نتیجه کاهش تردی در تمامی نمونه‌ها گردید که علت آن فرآیند خشک کردن مجدد نمونه‌های چیپس در آون، پس از پاشش عصاره گلرنگ بر روی آن‌ها می‌باشد. به علت بروز پدیده رتروگرادسیون در نشاسته سیب‌زمینی طی مدت زمان نگهداری و در نتیجه بیاتی نشاسته که خود منجر به افزایش سختی در چیپس می‌گردد، میزان تردی نیز در چیپس سیب‌زمینی کاهش می‌یابد که در جدول ۶ و طی نگهداری ۶۰ روزه به خوبی مشهود است. زمین‌دار و شاهدی (۱۳۸۵) در تحقیقی که بر روی چیپس فرموله شده سیب زمینی انجام دادند، دریافتند که با گذشت زمان، مقدار سختی ورقه‌ها افزایش یافت که آن را به بیاتی نشاسته در چیپس سیب زمینی نسبت دادند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. همچنین در پژوهشی که Leeratanarak و همکاران (۲۰۰۶) بر روی انواع روش‌های خشک کردن ورقه‌های چیپس سیب زمینی انجام دادند، دریافتند که خشک کردن بعد از سرخ کردن ورقه‌های چیپس باعث افزایش سختی و کاهش تردی در آن‌ها می‌شود که البته با نتایج حاصل شده در خصوص نمونه های چیپس تهیه شده به روش پاششی در این تحقیق، کاملا همخوانی دارد. Yu و همکاران (۲۰۱۶) نیز با بررسی اثر پوشش‌دهی چیپس سیب زمینی با صمغ گوار و گلیسرول، نشان دادند که پوشش دهی موجب افزایش سختی و در نتیجه کاهش تردی در نمونه‌ها گردید که آن را به عنوان یک صفت منفی توصیف نمودند. Garayo و Moreira (۲۰۰۲) به بررسی امکان سرخ‌کردن چیپس سیب زمینی در شرایط خلاء پرداخته و مشخص نمودند که با افزایش دمای روغن مورد استفاده، میزان سختی چیپس‌ها افزایش یافته ولی در فشارهای کم‌تر خلاء، کاهش سختی و در نتیجه افزایش تردی در نمونه‌های چیپس مشاهده گردید.

ارزیابی حسی نشان داد که افزودن عصاره آبی گلرنگ به چیپس سیب‌زمینی نه تنها ویژگی‌های حسی آن را تضعیف ننموده است بلکه موجب برتری آن بر نمونه شاهد از لحاظ شاخص‌های رنگ، بو، طعم، بافت و در نهایت پذیرش کلی نیز گشته است. این نکته قابل ذکر است که افزودن عصاره آبی گلرنگ به نمونه‌های چیپس، علاوه بر بهبود رنگ زرد چیپس سیب‌زمینی، توانست با جلوگیری از بروز و پیشرفت واکنش‌های اکسیداسیون (به علت توانایی ضد اکسیداسیونی رنگدانه‌های زرد گلرنگ)، مانع از بروز

فساد در روغن نمونه‌ها شده و بدین ترتیب از ایجاد بوی تندی (رنسیدیتی) در چیپس جلوگیری نموده و مزه بهتری را در نمونه های مورد مطالعه نسبت به نمونه شاهد ایجاد نماید. Rehman و همکاران (۲۰۰۳) که به بررسی اثرات افزودن عصاره پوسته بادام زمینی به چیپس سیب‌زمینی پرداختند، نشان دادند که نمونه‌های مورد مطالعه، از نظر شاخص‌های رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی طی ارزیابی حسی، نمرات بالاتری را نسبت به نمونه شاهد طی ۶ ماه نگهداری، کسب نمودند که آن را به فعالیت ضد اکسیداسیونی عصاره پوسته بادام زمینی نسبت دادند. نتایج تحقیق Bouaziz و همکاران (۲۰۱۶) بر روی ویژگی‌های حسی چیپس سیب زمینی پوشش‌دهی شده با صمغ بادام و صمغ عربی مشخص نمود که چیپس‌های پوشش دهی شده با صمغ بادام، از لحاظ کلیه ویژگی‌های حسی مورد بررسی (رنگ، ظاهر، بافت، مزه، بو و پذیرش کلی) مطلوبیت بیشتری را نسبت به سایر نمونه‌ها احراز نمودند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی کاربرد عصاره آبی گلرنگ در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲٪ به عنوان رنگ طبیعی در چیپس سیب‌زمینی به دو روش غوطه‌وری و پاششی طی ۶۰ روز نگهداری پرداخته شد. نتایج کسب شده، نشان دادند که با استفاده از عصاره آبی گلرنگ، شاخص‌های رنگی مانند زردی و قرمزی در چیپس افزایش یافته و از سوی دیگر، با استفاده از روش غوطه وری، هیچ گونه تغییری در تردی چیپس که یکی از ویژگی‌های کیفی مهم آن می‌باشد، ایجاد نگردید. از سوی دیگر، به سبب آن که ارزیابان حسی نمونه های چیپس تهیه شده به روش غوطه‌وری را از لحاظ کلیه ویژگی‌های حسی بر نمونه شاهد نیز ترجیح دادند، لذا در مجموع می‌توان بیان داشت که استفاده از عصاره آبی گلرنگ با غلظت بالا (۲٪) و به روش غوطه وری، می‌تواند در بهبود ویژگی‌های کیفی چیپس موثر واقع شده و کاربرد آن، جهت افزایش مطلوبیت و بازارپسندی چیپس سیب زمینی توصیه می‌گردد.

منابع

بی‌نام. (۱۳۷۹). گلرنگ (ویژگی‌ها و روش‌های آزمون). استاندارد ملی ایران، شماره ۵۵۶۴.

بی‌نام. (۱۳۸۰). پودر سیب زمینی (ویژگی‌ها و روشهای آزمون)، استاندارد ملی ایران، شماره ۶۰۰۵.

ترابی، ر.، حجتی، م.، برزگر، م. و جوینده، ح. (۱۳۹۶). اثر پوشش های هیدروکلوئیدی در جلوگیری از تشکیل آکریل آمید و کاهش جذب روغن در چیپس سیب زمینی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال دوازدهم، شماره ۱، صفحات ۱۲۰ – ۱۰۹.

جوکار، م.، نیکپور، ه.، امین لاری، م.، رمضانی، ر. و مظلومی، م. ت. (۱۳۸۵). تولید آزمایشگاهی چیپس سیب زمینی کم چربی با استفاده از پوشش هیدرو کلوئیدی. فصلنامه علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، شماره ۳ ، صفحات ۱۷ – ۹.

خزاعی، ح.، محلاتی، م. و ارشدی، م. (۱۳۹۰). تعیین میزان قندهای احیاء کننده در سیب‌زمینی با استفاده از گلوکزیاب دستی و مقایسه آن با روش آنزیمی. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، سال هفتم، شماره ۴، صفحات ۲۹۷-۲۹۰.

دخانی، ش. و ربیعی مطمئن، ل. (۱۳۸۰). بررسی میزان تغییر قند ها و اسید های آلی ارقام سیب زمینی (مورن، مارفونا، آگریا) استان اصفهان طی انبار داری با روش کروماتوگرافی با کارایی بالا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال پنجم، شماره ۱، صفحات ۱۶۱-۱۷۲.

دلوی، م.، دارایی، ت.، آقاجانی، ن.، دانش پور، گ.، حسینیان، م. و محمدی، ن. (۱۳۹۱). تاثیر بلانچینگ و خیساندن در محلول‌های اسمزی بر جذب روغن و ارزیابی حسی چیپس سیب زمینی تولیدی. علوم غذایی و تغذیه، سال نهم، شماره ۴، صفحات ۶۷- ۷۶.

دهقانیان، س.، قربانی، م.، دانشگر مسگران، م. و نوردهی، م. (۱۳۸۳). بررسی کارایی فنی سیب‌زمینی کاران و عوامل موثر بر آن در شهرستان بجنورد. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، صفحات ۱۸۱-۱۹۰.

زارع میرک آبادی، م.، میرزایی، ح.، مقصودلو، ی. و قربانی، م. (۱۳۸۹). تاثیر پوشش‌های هیدرو کلوئیدی گوار و کتیرا و محلول‌های نمکی کلروسدیم و کلروکلسیم برروی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی چیپس سیب زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی – علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

زمین دار، ن. و شاهدی، م. (۱۳۸۵). بررسی بافت، رنگ و مقدار پراکسید چیپس فرموله شده سیب‌زمینی از ارقام آگریا و مارفونا در زمان انبار داری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۳، صفحات ۲۴۹-۲۵۵.

نوری، ط.، فهیم دانش، م. و سحری، م. (۱۳۹۵). بررسی استخراج ترکیبات فنلی برگ های رزماری به روش امواج فراصوت و تاثیر آن بر خواص ارگانولپتیکی، فیزیکوشیمیایی و پایداری اکسیداتیو روغن زیتون بکر. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، سال پنجاه و سوم، شماره ۱۳، صفحات ۱۲۵-۱۱۳.

یزدان پناه، م. و ضیایی فر، ا. م. (۱۳۹۳). ارزیابی رنگ چیپس سیب‌زمینی با تکنیک پردازش تصویر. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، سال بیست و چهارم، شماره ۲، صفحات ۲۳۹-۲۴۷.

یساری، ط.، خوشحال، ج. و شهسواری، م. (۱۳۹۲). پهنه بندی تاریخ کاشت ارقام گلرنگ بهاره در استان اصفهان. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۱، صفحات ۱۸۲-۱۷۱.

یقبانی، م. و محمد زاده، ج. (۱۳۸۴). بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشاسته ارقام غالب سیب‌زمینی منطقه گلستان. فصلنامه علوم وصنایع غذایی ایران، سال دوم، شماره ۴، صفحات ۷۹-۷۱.

Bernard, F., Hassanpour, A., Gholizadeh, G., Hassannejad, S. & Chaghari, Z. (2011). High yellow pigments production by root culture of *Carthamus tinctorius* and its release in medium under gas oil treatment. Acta Physiologiae Plantarum, 33, 431–436.

Bouaziz, F., Koubaa, M., Naifer, M., Zouari, S., Besbes, S., Chaari, F., Kamoun, A., Chaabouni, M., Chaabouni, S. E. & Ghorbel, R. E. (2016). Feasibility of using almond gum as coating agent to improve the quality of fried potato chips: evaluation of sensorial properties. LWT - Food Science and Technology, 65, 800–807.

Danisova, C. & Subinova, I. (1995). Study of the stability of yellow pigment from *Cartamus tinctorius*, in some food products. FAO, AGRIS since.

FAO (2014). Available at: http://www.fao.org/potato-2014/en/world/index.html

Garayo, J. & Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. Journal of Food Engineering, 55, 181–191.

Hiramatsu, M., Takahashi, T., Komatsu, M., Kido, T. & Kasahara, Y. (2009). Antioxidant and Neuroprotective Activities of Mogami-benibana (Safflower, *Carthamus tinctorius* Linne). Neurochemical Research, 34 (4), 795–805.

Kim, H. W., Hwang, K. E., Song, D. H., Kim, Y. J., Ham, Y. K., Lim, Y. B., Jeong, T. J., Choi, Y. S. & Kim, C. J. (2015). Wheat fiber colored with a safflower (*Carthamus tinctorius* L.) red pigment as a natural colorant and antioxidant in cooked sausages. LWT - Food Science and Technology, 64, 350-355.

Leeratanarak, N., Devahastin, S. & Chiewchan, N. (2006). Drying kinetics and quality of potato chips undergoing different drying technique. Journal of Food Engineering, 77, 635–643.

Machewad, G. M., Ghatge, P., Chappalwar, V., Jadhav, B. & Chappalwar, A. (2012). Studies on extraction of safflower pigments and its utilization in ice cream. Journal of Food Processing & Technology, 3 (8), 172-175.

Pedreschi, F., Mery, D., Mendoza, F. & Aguilera, J. M. (2004). Classification of potato chips using pattern recognition. Food Engineering and Physical Properties, 69 (6), 264-270.

Pedreschi, F. & Moyano, P. (2004). Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. Food Science and Technology, 38, 599-604.

Pedreschi, F., León, J., Mery, D. & Moyano, P. (2006). Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. Food Research International, 39, 1092–1098.

Rehman, Z. (2003). Evaluation of antioxidant activity of methanolic extract from peanut hulls in fried potato chips. Plant Foods for Human Nutrition, 58, 75–83.

Santis, N., Mendoza, F., Moyano, P., Pedreschi, F. & Dejmek, P. (2007). Soaking in a NaCl solution produce paler potato chips. LWT- Food Science and Technology, 40, 307–312.

Shin, Y. & Yoo, D. (2012). Storage stability and color reproducibility of yellow and red dyes extracted from *Carthamus tinctorius* L. Textile Coloration and Finishing, 24 (3), 165-172.

Yoon, J. M., Cho, M. H., Park, J. E., Kim, Y. N., Hahn, T. R. & Paik, Y. S. (2003). Thermal stability of the pigments hydroxy safflor yellow A, safflor yellow B, and precarthamin from safflower (*Carthamus tinctorius*). Food Chemistry and Toxicology, 839-843.

Yu, L., Li, J., Ding, S., Hang, F. & Fan, L. (2016). Effect of guar gum with glycerol coating on the properties and oil absorption of fried potato chips. Food Hydrocolloids, 54, 211–219.

Yue, S. H, Tang, Y, Li, S. H. & Dung, J. (2013). Chemical and biological properties of quinochalcone C-glycosides from the flowres of *Carthamus tinctorius*. Molecules, 18 (12), 15220-15254.

Zhou, X., Tang, L., Xu, Y., Zhou, G. & Wangn, Z. (2014). Towards a better understanding of medicinal uses of *Carthamus tinctorius* L. in traditional Chinese medicine: A phytochemical and pharmacological review. Journal of Ethnopharmacology, 151, 27–43.