

مطالعه اثر عصاره زردچوبه (*Curcuma Longa*) بر محتوای آکريل آميد و خصوصيات کيفي

سيب زميني سرخ شده

آمنه سروش فرد<sup>۱</sup>، ليلا روفه گري نژاد<sup>۲\*</sup>، ميترا صوفي<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

۳- دانش آموخته دکتری تخصصی علوم و صنایع غذایی، واحد تحقیق و توسعه شرکت آسیاشور، تبریز، ایران.

## چکیده

## اطلاعات مقاله

آکريل آميد به عنوان یک ماده سمی برای انسانها، در محصولات غذایی حرارت دیده، به خصوص در سيب زميني سرخ کرده در مقادير بالا يافت می شود. پيشگيري از تشکيل آکريل آميد در مواد غذایی می تواند خطر قرارگيري در معرض اين ماده و در نتيجه خطرات سلامتی آن را بر انسان به حداقل برساند. هدف از اين مطالعه بررسی تاثیر عصاره زردچوبه بر محتوای آکريل آميد و خصوصيات کيفي سيب زميني سرخ شده می باشد. بدین منظور برش های سيب زميني آنزيم پری شده، در عصاره زردچوبه (۰، ۵ و ۱۰ درصد وزنی / وزنی) به مدت ۱۵ دقيقه غوطه ور شده و سپس در روغن سرخ شدند. ميزان رطوبت، جذب روغن، چروکیدگی، رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$ )، محتوای آکريل آميد و ویژگی های حسی اندازه گیری شده و با نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش غلظت عصاره رطوبت نمونه ها افزایش و محتوای چربی و چروکیدگی کاهش یافت. هم چنین با افزایش غلظت عصاره زردچوبه، روشنی ( $L^*$ ) و قرمزی ( $a^*$ ) سيب زميني ها کاهش و زردی ( $b^*$ ) نمونه ها افزایش یافت. افزایش غلظت زردچوبه تا ۱۰ درصد سبب کاهش ۴۷ درصد در ميزان آکريل آميد نسبت به نمونه شاهد شده و ویژگی های حسی به استثنای طعم در غلظت ۱۰ درصد عصاره زردچوبه، با افزایش غلظت عصاره زردچوبه، بهبود یافت. نتایج کلی نشان داد که استفاده از ۱۰ درصد عصاره زردچوبه در کنار بهبود خواص کيفی و حسی، منجر به کاهش قابل توجه تشکيل آکريل آميد در سيب زميني سرخ کرده شده و می تواند به عنوان روشی در جهت کاهش تشکيل اين ترکیب سمی پيشنهاده گردد.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۱۱

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۰۲

کلمات کلیدی:

آکريل آميد،

سيب زميني سرخ شده،

عصاره زردچوبه.

DOI: 10.52547/fsct.18.05.14

\* مسئول مکاتبات:

l.roufegari@iaut.ac.ir

## ۱- مقدمه

اثر مستقیم تغذیه بر سلامت از دیرباز شناخته شده است و انسان از سده‌های پیشین با تجربه و آزمایش پی برده که با تغذیه صحیح از زندگی سالم‌تر و طولانی‌تری برخوردار خواهد شد. امروزه مصرف غذای سالم و ایمن از اهمیت بسیار بالایی در سلامت انسان برخوردار است و با صنعتی شدن مسیر تولید مواد غذایی و مصرف انبوه مواد غذایی صنعتی، احتیاج به بهبود کیفیت این محصولات افزایش یافته است [۱]. سیب‌زمینی سرخ‌شده در میان غذاهای میان‌وعده، سهم بازار قابل توجهی در بین مصرف‌کنندگان به‌ویژه کودکان و نوجوانان، به خود اختصاص داده است [۲]. یکی از قدیمی‌ترین فرایندهای پخت انواع مواد غذایی از جمله سیب‌زمینی، سرخ‌کردن عمیق می‌باشد؛ که اساس آن غوطه‌ور نمودن قطعات ماده غذایی در روغن یا چربی خوراکی داغ است [۳، ۴]. علاوه بر تامین اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی، بالابودن مصرف محصولات سرخ‌شده به دلیل میزان بالای روغن جذب شده، خطر ابتلاء به بیماری‌های قلبی عروقی، فشار خون، دیابت و برخی از انواع سرطان‌ها به‌خصوص سرطان روده‌ی بزرگ را افزایش می‌دهد [۵]، علیرغم کالری بالای محصولات سرخ‌شده، ایجاد واکنش‌های مخربی چون اکسایش حرارتی، پلیمری شدن و هیدرولیز در روغن‌ها طی سرخ‌کردن عمیق به‌دلیل حضور اکسیژن و آب ناشی از ماده غذایی، ممکن است سلامتی مصرف‌کنندگان را به خطر اندازد و همچنین سبب بروز بیماری‌های قلبی-عروقی گردد [۶، ۷]. آکریل‌آمید یکی از ترکیبات نامطلوب ایجاد شده در مواد غذایی در طی حرارت دهی در دماهای بالای ۱۲۰ درجه سلسیوس می‌باشد که مقدار آن در فرآورده‌های سیب‌زمینی سرخ شده بیشتر از دیگر غذاهای فرآوری شده است [۸]. این ترکیب یک ماده سرطان‌زا می‌باشد؛ به‌طوری‌که سازمان بهداشت جهانی، یک سوم از سرطان‌های مرتبط با تغذیه، را به دلیل وجود آکریل‌آمید در مواد غذایی عنوان نموده است. مطالعات و تحقیقات مختلف، نیز تومورزایی این ماده در غده تیروئید، پانکراس، کلیه، روده بزرگ، رحم و پستان را در موش و انسان تصدیق نموده و ایجاد اختلالات در سیستم عصبی توسط آکریل‌آمید نیز به اثبات رسیده است [۹]. مسیرهای متعددی برای تشکیل آکریل‌آمید در مواد غذایی بیان شده است اما تشکیل آن در فرآورده‌های سرخ شده سیب‌زمینی را بیشتر به

واکنش آسپاراژین آزاد با قندهای احیاکننده در دماهای بالا در نتیجه واکنش میلارد و همچنین به وقوع واکنش هیدرولیز حرارتی روغن‌ها طی سرخ کردن عمیق مربوط می‌دانند. گلیسرول آزاد شده در جریان هیدرولیز حرارتی روغن‌ها، در نتیجه آبگیری به آکرولئین تبدیل شده و ضمن ایفای نقش کربونیل فعال در حضور آسپاراژین، آکریل‌آمید را تولید می‌نماید. علاوه بر آن، اسید آکرلیک ناشی از اکسید شدن آکرولئین می‌تواند با آمونیاک به تشکیل آکریل‌آمید منتهی می‌شود [۱۰]. به این دلیل بهینه کردن میزان آسپاراژین و قندهای احیاکننده در ماده اولیه مورد استفاده، همراه با کنترل‌های لازم در زمان و درجه حرارت سرخ کردن، مقدار رطوبت و مقدار روغن مورد استفاده برای سرخ کردن از راهکارهای مطرح شده برای تحت کنترل قرار دادن تشکیل این ترکیب نامطلوب می‌باشد [۱۱]. با توجه به اهمیت سلامت و ایمنی مصرف‌کنندگان، پژوهش‌های متعددی در زمینه کاهش جذب روغن و تشکیل آکریل‌آمید در مواد غذایی سرخ شده از جمله سیب‌زمینی صورت گرفته است که می‌توان به غوطه‌وری تکه‌های سیب‌زمینی در آب [۶، ۱۲]، آنزیم‌بری با محلول کلریدکلسیم [۱۳]، پوشش‌دهی با صمغ‌های مختلف [۸، ۱۰، ۱۱]، آنزیم‌بری تحت خلاء [۲] و اثر افزودن برخی ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه بر محتوای آکریل‌آمید اشاره نمود [۴، ۸]. امروزه تقاضای روزافزون برای گسترش و توسعه ترکیبات طبیعی در تولید مواد غذایی، توجه به عصاره‌های گیاهی برای تولید موادی نظیر آنتی‌اکسیدان‌ها را افزایش داده است. در سال‌های اخیر با اثبات آثار سوء آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی، تحقیقات بسیاری پیرامون جایگزین کردن این ترکیبات با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی صورت گرفته است. از منابع عمده آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌توان به زردچوبه اشاره نمود؛ زردچوبه (*Curcuma longa* L.) متعلق به تیره زنجبیلیان است که به‌طور متداول تحت عنوان تورمریک شناخته شده و به‌عنوان یک افزودنی غذایی نیز مورد مصرف روزانه قرار می‌گیرد. ترکیب فعال زردچوبه کورکومین می‌باشد که ترکیب پلی‌فنلی بوده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد [۱۵]. در همین راستا، هدف کلی از تحقیق حاضر، بهره‌گیری از عصاره زردچوبه به‌عنوان منبع غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان و مطالعه اثر آن در غلظت‌های مختلف بر محتوای آکریل‌آمید و خصوصیات کیفی سیب‌زمینی‌های سرخ‌شده می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد مورد استفاده

در این تحقیق، از سیب‌زمینی رقم آگریا (نگهداری شده در دمای ۱۰ درجه سلسیوس)، روغن مایع آفتابگردان مخصوص سرخ کردنی (شرکت بهار، ایران)، عصاره زردچوبه ۹۸-۹۹ درصد (شرکت عطر و طعم مگنولیا، ایران)، تولوئن (شرکت مرک، آلمان)، پترولیوم اتر (شرکت مرک، آلمان)، اسید فرمیک (شرکت مرک، آلمان) و استون (شرکت مرک، آلمان) استفاده گردید.

### ۲-۲- روش تولید

سیب‌زمینی‌ها پس از شستشو و پوست‌گیری، توسط کاتر به قطعاتی با ابعاد  $6 \times 0/5 \times 0/5$  cm برش خورده و به‌منظور حذف نشاسته سطحی به مدت ۱ دقیقه در آب مقطر شستشو و خیس‌اندازه شدند. بعد از آنزیم‌بری سیب‌زمینی‌ها (۸۵ درجه سلسیوس به مدت ۶ دقیقه)، غوطه‌وری در غلظت‌های مختلف عصاره (تیمار  $T_0$ : نمونه کنترل بدون اضافه کردن عصاره،  $T_1$  و  $T_2$  به ترتیب غوطه‌وری در محلول ۵ و ۱۰ درصد وزنی/وزنی عصاره) به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. پس از آماده سازی نمونه‌ها، ابتدا سرخ کن (مولینکس فرانسه با ظرفیت ۲/۲ لیتر روغن و مجهز به سیستم تنظیم دما در محدوده ۱۵۰ تا ۱۹۰ درجه سلسیوس) با ۱/۵ لیتر روغن پر شد و بعد از تنظیم دما و زمان سرخ کردن مورد نظر، سرخ کن بر روی حالت اتوماتیک قرار داده شد؛ به طوری که پس از رسیدن دمای سرخ کن به دمای ۱۸۰-۲۰۰ درجه سلسیوس، نمونه‌های سیب زمینی به میزان ۵۰ گرم در داخل سبد مشبک سرخ کن قرار داده شدند و سپس سبد حاوی نمونه‌ها به طور اتوماتیک در روغن غوطه‌ور شد. پس از سرخ شدن نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه و پس از خارج شدن روغن سطحی، نمونه‌ها مورد ارزیابی کیفی قرار گرفتند. آماده‌سازی تیمارها نیز در سه تکرار انجام گرفت [۱۶].

### ۲-۳- آزمون‌های شیمیایی

محتوای روغن نمونه‌های سرخ و خشک شده با استفاده از روش سوکسله بر مبنای استخراج با حلال پترولیوم‌اتر به مدت ۱۰ ساعت انجام شد و بر حسب درصد (گرم روغن در صد گرم ماده خشک) گزارش شد [۱۷، ۱۸]. برای تعیین محتوای رطوبت نمونه‌های سرخ شده، از روش خشک کردن آن‌ها در

آون کنوکسیون در دمای  $105 \pm 1$  درجه سلسیوس تا رسیدن نمونه‌ها به وزن ثابت استفاده گردید و برحسب درصد (گرم رطوبت در صد گرم خلال) گزارش شد [۱۹]. چروکیدگی، حجم ظاهری نمونه‌ها قبل از سرخ کردن و سپس حجم ظاهری ثانویه بعد از سرخ کردن با بکارگیری تکنیک جابه‌جایی حلال (تولوئن) تعیین شد [۲۰].

### ۲-۴- آزمون رنگ

شاخص‌های رنگی با استفاده از روش پردازش تصویر تعیین شد. بعد از عکس‌برداری از نمونه‌ها و کارت‌های استاندارد RAL با استفاده از دوربین عکاسی (سامسونگ، کره) در محفظه‌ای معین با شدت نور D65 و فاصله لنز ثابت تا نمونه (۴۵ درجه)، منحنی استاندارد برای هر یک از فاکتورهای  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  رسم و معادله مناسب برازش شد. با قرار دادن میانگین اعداد در این معادله، مقادیر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  واقعی تعیین شد. همچنین  $\Delta E$  شاخص میزان تغییر رنگ نسبت به نمونه شاهد نیز به صورت زیر محاسبه شد [۲۱]:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L_i^*)^2 + (a_0^* - a_i^*)^2 + (b_0^* - b_i^*)^2}$$

$L_0^*$ : میزان روشنایی در نمونه شاهد،  $L_i^*$ : میزان روشنایی در نمونه سرخ شده به مدت  $t$  ثانیه،  $a_0^*$ : میزان سبز تا قرمزی در نمونه شاهد،  $a_i^*$ : میزان سبز تا قرمزی در نمونه سرخ شده به مدت  $t$  ثانیه،  $b_0^*$ : میزان آبی تا زرد در نمونه شاهد و  $b_i^*$ : میزان آبی تا زرد در نمونه سرخ شده به مدت  $t$  ثانیه.

### ۲-۵- اندازه گیری آکریل آمید

یک گرم از نمونه خرد و همگن شده با ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ درصد اسید فرمیک در آب به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط شد و سپس در دمای ۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. قسمت رویی توسط فیلتر ۰/۴۵ میکرونی فیلتر شده و برای خالص سازی از کارتریج استخراج فاز جامد عبور داده شد. کارتریج ابتدا توسط ۱/۵ میلی‌لیتر آب و سپس با ۲ میلی‌لیتر استون شستشو و یک میکرو لیتر از خروجی کارتریج به دستگاه کروماتوگرافی گازی با آشکارساز یونی شعله‌ای (GC-FID) (مدل ۲۰-۶۸، شرکت Agilent، امریکا) مجهز به ستون موئین (HP5) به طول ۳۰ متر، قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر تزریق شد. دمای محفظه تزریق و آشکارساز به ترتیب ۲۳۰ و ۲۶۰ درجه سلسیوس تنظیم گردید. گاز هلیوم

جدول ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج حاصل، بین تیمارهای مورد بررسی از نظر میزان جذب روغن در سیب‌زمینی‌های غوطه‌ور شده در غلظت‌های مختلف عصاره زردچوبه اختلاف معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) وجود داشت. به طوری که نمونه‌ی غوطه‌ور شده در عصاره ۱۰ درصد زردچوبه، کمترین میزان جذب روغن ( $31.00 \pm 1.00$ ) و نمونه شاهد بیشترین میزان جذب روغن ( $36.05 \pm 1.01$ ) را داشت. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد برخلاف نتایج حاصل از نظر تغییرات محتوای روغن نمونه‌ها، نمونه شاهد دارای کمترین میزان رطوبت ( $22/17 \pm 0/38$ ) و نمونه غوطه‌ور شده در عصاره ۱۰ درصد زردچوبه با محتوای رطوبت  $24/80 \pm 0/70$  از بیشترین میزان محتوای رطوبت در بین نمونه‌های مورد آزمون برخوردار بودند. نتایج به‌دست‌آمده طبق جدول ۱، نشانگر اثر مثبت عصاره زردچوبه بر میزان جذب روغن و محتوای رطوبتی نمونه‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده بود. دلیل این امر می‌تواند پوشش یافتن سطح برش‌های سیب‌زمینی غوطه‌ور شده در عصاره زردچوبه با این محلول باشد که با ایجاد لایه محافظ از انتقال چربی و رطوبت بین نمونه و محیط سرخ کردن جلوگیری نموده و بدین ترتیب جذب روغن و محتوای رطوبت در نمونه‌های غوطه‌ور شده در عصاره زردچوبه به ترتیب کاهش و افزایش یافته است. نتایج به‌دست آمده در رابطه با میزان جذب روغن سیب‌زمینی‌های سرخ‌شده با نتایج گزارش شده توسط علیپور و همکاران (۲۰۰۹)، در رابطه با بررسی تاثیر کاراگینان، دمای روغن و مدت زمان سرخ‌کردن بر میزان جذب روغن در سیب‌زمینی‌های سرخ‌شده و جوکار و همکاران (۲۰۰۶)، در رابطه با مطالعه تولید چپیس سیب‌زمینی کم‌چرب، پوشش داده شده با هیدروکلوئیدها و اثر افزایش غلظت پوشش در کاهش میزان جذب روغن نمونه‌های چپیس سیب‌زمینی مطابقت داشت [۱۷، ۲۳]. در رابطه با میزان چروکیدگی نمونه‌ها نیز روند مشابهی مشاهده گردید؛ به طوری که نمونه‌ی غوطه‌ور شده در عصاره ۱۰ درصد زردچوبه دارای کمترین مقدار چروکیدگی ( $0/11 \pm 0/01$ ) و نمونه شاهد دارای بیشترین مقدار چروکیدگی ( $0/13 \pm 0/05$ ) بود. با این حال بین نمونه‌های غوطه‌ور شده در ۵ و ۱۰ درصد عصاره زردچوبه از نظر میزان چروکیدگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ( $p > 0.05$ ). چروکیدگی یکی دیگر از معایب سرخ کردن می‌باشد که عبارت است از کاهش حجم ظاهری

به عنوان گاز حامل با فشار ثابت ۰/۷ مگا پاسکال با سرعت خطی ۱/۴ میلی لیتر در دقیقه از داخل ستون عبور داده شد [۲]. مقادیر آکریل آمید نمونه‌ها از طریق منحنی کالیبراسیون حاصل از تزریق نمونه‌های استاندارد آکریل آمید محاسبه گردید (شکل ۱).

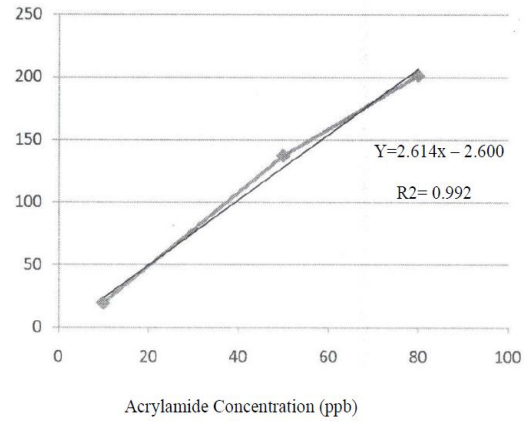


Fig 1 Calibration curve of acrylamide

## ۲-۶- ارزیابی حسی

مقبولیت ویژگی‌های حسی توسط ۲۰ نفر ارزیاب آموزش‌دیده مورد مطالعه قرار گرفت. ارزیابی حسی با استفاده از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد، به طوری که برای هر ویژگی امتیاز ۱، نشان‌دهنده پایین‌ترین کیفیت و امتیاز ۵ نماینده بهترین کیفیت بود. شاخص‌های بافت، رنگ، طعم و مزه توسط ارزیابان مورد بررسی قرار گرفت [۵].

## ۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

تاثیر غلظت عصاره زردچوبه بر میزان جذب روغن، رطوبت، چروکیدگی، شاخص‌های رنگی، محتوای آکریل‌آمید و همچنین خواص حسی قطعات سیب زمینی سرخ شده بر مبنای طرح کاملاً تصادفی (CRD) با استفاده از نرم افزار آماری Minitab 16 انجام شد. آزمون توکی در سطح اطمینان ۰/۵ ( $p < 0.05$ ) برای تأیید وجود اختلاف میانگین‌ها بین تیمارها مورد استفاده قرار گرفت. تمام آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد و نمودارها توسط نرم افزار Prism9 2019 ترسیم گردید.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- تغییرات ویژگی‌های شیمیایی

نتایج مربوط به تغییرات پارامترهای شیمیایی مورد آزمون در

داشت. لذا غوطه‌وری سیب‌زمینی در محلول عصاره زردچوبه باعث کاهش چروکیدگی سیب‌زمینی سرخ شده نسبت به نمونه شاهد شد.

محصول نهایی، که به علت تغییرات ساختاری ایجاد شده طی سرخ کردن رخ می‌دهد. طبق نتایج حاصل، هرچه میزان آب موجود در ماده غذایی کاهش یافت، چروکیدگی روند افزایش

**Table 1.** Effect of different concentrations of turmeric extract on chemical properties of fried potatoes

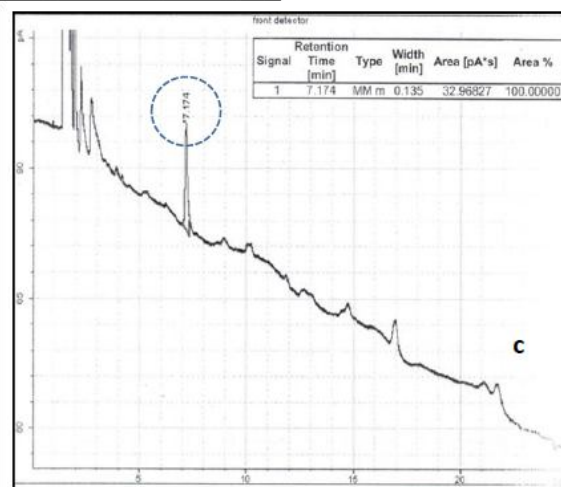
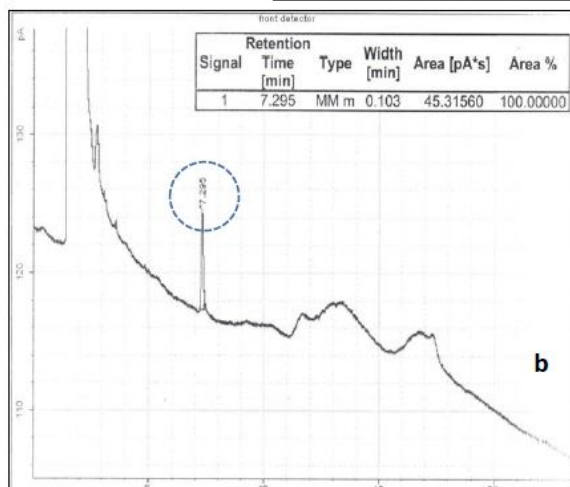
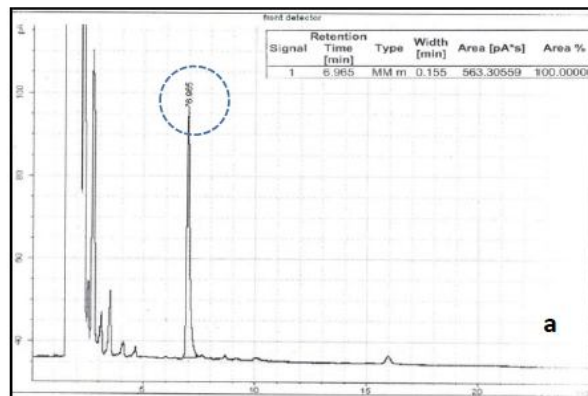
Treatment	Moisture content (%)	Oil uptake (%)	Shrinkage
T <sub>0</sub> (control)	22.17±0.38 <sup>a</sup>	36.05±1.01 <sup>b</sup>	0.13±0.05 <sup>b</sup>
T <sub>1</sub>	23.97±0.71 <sup>b</sup>	34.33±2.08 <sup>ab</sup>	0.11±0.01 <sup>a</sup>
T <sub>2</sub>	24.80±0.70 <sup>b</sup>	31.00±1.00 <sup>a</sup>	0.11±0.03 <sup>a</sup>

Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3), and different letters show significant differences at the 5% level in Tukey's test (p < 0.05).

شاهد به ۲۷۲/۳۳±۲۳/۱۷ (میکروگرم بر کیلوگرم) در نمونه حاوی ۱۰ درصد عصاره زردچوبه رسید و حدود ۴۷ درصد کاهش یافت. این درحالی‌است که این کاهش در نمونه غوطه‌ور شده در عصاره ۵ درصد زردچوبه (۲۳/۱۳±۲۳/۳۳ میکروگرم بر کیلوگرم) نسبت به نمونه شاهد ۱۸ درصد بود (شکل ۳). بدین ترتیب حداقل غلظت عصاره زردچوبه مورد نیاز برای کاهش معنی‌دار میزان آکریل‌آمید در سیب‌زمینی سرخ شده، ۱۰ درصد تعیین گردید.

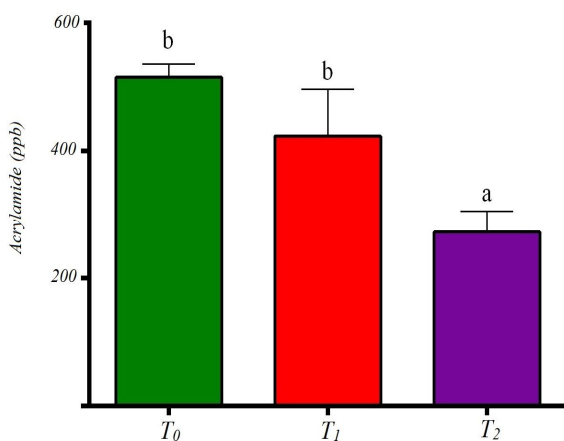
### ۳-۲- تغییرات محتوای آکریل‌آمید

تعیین محتوای آکریل‌آمید از طریق کروماتوگرافی گازی انجام شد که کروماتوگرام‌های بدست آمده برای محتوای آکریل‌آمید در سیب‌زمینی سرخ شده در شکل ۲ آورده شده است. طبق نتایج بدست آمده، بین تیمارهای مورد بررسی از نظر میزان آکریل‌آمید در سیب‌زمینی‌های سرخ شده اختلاف معنی‌داری (p < ۰/۰۵) وجود داشت. به طوری که با افزایش غلظت عصاره زردچوبه در محلول غوطه‌وری، میزان آکریل‌آمید کاهش یافت و از ۲۰/۹۵ ± ۵۹۵/۰۰ (میکروگرم بر کیلوگرم) در نمونه



**Fig 2** Chromatograms of control samples (a), treated with 5% curcumin extract (b), treated with 10% curcumin extract (c), dotted circle indicate to acrylamide peak.

که یکی دیگر از عوامل موثر بر کاهش میزان آکریل‌آمید در سیب‌زمینی سرخ شده بود. به طوری که در مطالعات قبلی انجام شده در این رابطه گزارش شد که با کاهش محتوای قند توسط آنزیم‌بری می‌توان محتوای آکریل‌آمید را به مقدار ۶۰ درصد کاهش داد [۶]. از دیگر دلایل کاهش آکریل‌آمید در نمونه‌های سیب‌زمینی سرخ شده، کاهش جذب روغن توسط نمونه‌های تیمار شده با عصاره زردچوبه بود؛ به طوری که کاهش روغن در سیب‌زمینی سرخ شده سبب کاهش انتقال حرارت و در نهایت کاهش میزان آکریل‌آمید گردید [۲۷]. به طور کلی تیمار غوطه‌وری در عصاره زردچوبه همراه با پیش‌تیمارهای آنزیم‌بری و شستشو در آب سرد با غیرفعال کردن مکانیسم‌های تشکیل آکریل‌آمید از طریق واکنش میلارد و نیز تشکیل آکریل‌آمید در اثر هیدرولیز روغن سبب کاهش میزان این ماده سمی در محصول سرخ شده گردید.



**Fig 3** Effect of different concentrations of turmeric extract on acrylamide content of fried potato (Data are expressed as mean  $\pm$  standard deviation (n=3) and different letters show significant difference at the 5% level in Tukey's test ( $p < 0.05$ ))

### ۳-۳- تغییرات رنگ

رنگ یکی از خصوصیات کیفی است که توسط مصرف‌کننده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در طول فرآیند سرخ کردن انتقال همزمان جرم و حرارت باعث ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی در محصول سرخ شده می‌شود که در این حالت، رنگ محصول نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد [۲۸]. نتایج حاصل از ارزیابی پارامترهای رنگی (\*L\*, \*a\* و \*b\*) در جدول ۲ نمایش داده شده است. طبق داده‌های این جدول، غوطه‌وری در عصاره زردچوبه با غلظت ۵ درصد، منجر به افزایش شاخص \*L\*

کاهش ۴۷ درصدی میزان آکریل‌آمید با غوطه‌وری نمونه‌های سیب‌زمینی در عصاره زردچوبه با غلظت ۱۰ درصد را می‌توان به وجود کورکومین در عصاره زردچوبه که دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی بوده و به عنوان نگهدارنده در مقابل اکسیداسیون عمل می‌نماید نسبت داد؛ به طوری که کورکومینوئیدها، با به دام انداختن عوامل موثر در اکسیداسیون مانند رادیکال‌های آزاد و انواع اکسیژن فعال نظیر رادیکال‌های هیدروکسیل و رادیکال‌های سوپراکسید منجر به کاهش تشکیل آکریل‌آمید شده‌اند [۲۴]. این نتایج مطابق با یافته‌های اشکی و همکاران (۲۰۱۳) و کافاریگی و همکاران (۲۰۱۲) در رابطه با اثر افزودن یک ترکیب فلاونوئیدی نظیر ادویه‌ها بر کاهش میزان آکریل‌آمید در محصول بود [۲۴، ۲۵]. روند مشابهی نیز در مطالعه باسونی و عرفات (۲۰۱۳) در رابطه با کاهش تشکیل آکریل‌آمید و جذب روغن اسلایس‌های سیب‌زمینی تیمار شده با عصاره برگ زیتون در طول سرخ کردن، گزارش گردید [۲۶]. اکسیداسیون چربی مهم‌ترین مسیر تشکیل آکریل‌آمید در غذاهای غنی از روغن نظیر سیب‌زمینی سرخ شده می‌باشد. در جریان سرخ کردن عمیق روغن‌های سرشار از اسیدهای لینولئیک و لینولئیک، آکروئین به میزان قابل توجهی تشکیل می‌شود که می‌تواند طی اکسید شدن و واکنش با آمونیاک به تشکیل آکریل‌آمید منتهی گردد. از سوی دیگر متیل‌لینولئات که یک لیپید غیر اکسیده می‌باشد، در حضور گلوکز می‌تواند توسط رادیکال‌های آزاد به ترکیبات کربنیل دو غیر اشباعی اکسیده شده و درگیر واکنش کربونیل-آسپاراژین و تولید آکریل‌آمید شود. ترکیبات پلی‌فنلی با مهار کردن رادیکال‌های آزاد ضمن تبدیل شدن به رادیکال‌های فنوکسیل، به عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدان زنجیر شکن محسوب شده و مانع از اکسیداسیون چربی‌ها می‌شوند. مهار اکسیداسیون چربی‌ها و به دنبال آن کاهش تشکیل آکریل‌آمید در بررسی بسیاری از ترکیبات فنلی نتیجه شده است و کارایی این اثر به غلظت ترکیب پلی‌فنلی و ساختار آن‌ها ارتباط داده شده است. به طوری که گفته می‌شود تاثیر اورتو دی‌فنل‌ها به مراتب بیشتر از منوفنل‌ها می‌باشد [۱۶، ۶]. علاوه بر این، پیش‌تیمار آنزیم‌بری تکه‌های سیب‌زمینی در دمای ۸۵ درجه سلسیوس به مدت ۶ دقیقه و همچنین غوطه‌وری تکه‌های سیب‌زمینی در محلول عصاره زردچوبه، محتوای قندهای احیا کننده و آسپاراژین تکه‌های سیب‌زمینی را قبل از سرخ کردن کاهش داد

نمونه شاهد شد. تغییرات پارامترهای رنگی  $a^*$  و  $L^*$  می‌تواند به دلیل تاثیر عصاره زردچوبه در کاهش واکنش‌های مخرب و قهوه‌ای شدن آنزیمی (مایلارد) در نمونه‌ها باشد. به طوری که، فالگوئرا و همکاران (۲۰۱۱)، در نتیجه پوشش‌دهی خلال‌های سیب‌زمینی توسط کربوکسی‌متیل سلولز نتایج مشابهی را گزارش کردند. تغییرات رنگی سیب‌زمینی سرخ شده تحت تاثیر میزان قندهای احیاکننده نیز می‌باشد که کاهش آن‌ها موجب کنترل واکنش‌های قهوه‌ای شدن و تا حدودی بهبود رنگ فرآورده‌های سیب‌زمینی می‌گردد و به‌عنوان مهم‌ترین شاخص کیفی فرآورده‌های سرخ شده سیب‌زمینی محسوب می‌شود. در این تحقیق انجام پیش‌تیمار آنزیم‌بری در دمای ۸۵ درجه سلسیوس به مدت ۶ دقیقه و خیساندن قطعات سیب‌زمینی در محلول عصاره زردچوبه، با کاهش محتوای قند احیا-کننده منجر به کاهش پیش‌سازهای واکنش مایلارد و جلوگیری از قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی شده و در نهایت باعث بهبود رنگ سیب‌زمینی سرخ شده گردید [۲۸]. نتایج مشابهی نیز توسط پدرسچی و همکاران (۲۰۰۷)، در رابطه با کاهش محتوای گلوکز تکه‌های سیب‌زمینی با افزایش مدت زمان خیساندن در آب به علت استخراج این ماده توسط آب گزارش گردید [۶].

**Table 2** Effect of different concentrations of turmeric extract on color properties of fried potatoes

Treatment	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$
T <sub>0</sub> (control)	51.67±1.50 <sup>ab</sup>	-6.07±0.12 <sup>b</sup>	38.67±0.31 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>
T <sub>1</sub>	53.73±0.92 <sup>a</sup>	-6.13±0.12 <sup>b</sup>	47.47±0.31 <sup>b</sup>	9.15±0.49 <sup>b</sup>
T <sub>2</sub>	49.27±0.64 <sup>b</sup>	-5.40±0.20 <sup>a</sup>	49.80±0.40 <sup>a</sup>	11.48±0.18 <sup>a</sup>

Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3), and different letters show significant differences at the 5% level in Tukey's test ( $p < 0.05$ ).

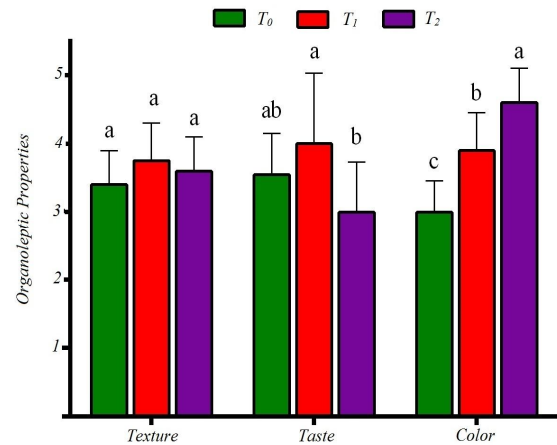
زردچوبه از نظر طعم و مزه امتیاز پایین‌تری را نسبت به سایر نمونه‌ها از سوی ارزیاب‌ها دریافت نمود. اگرچه این تغییرات از نظر آماری نسبت به نمونه شاهد معنی‌دار نبود؛ ولی دلیل این امر احتمالاً به غلظت بالاتر عصاره زردچوبه در نمونه‌های سرخ شده مربوط بود که در نتیجه حرارت‌دهی سیب‌زمینی باعث تغییر طعم آن گشت. این یافته‌ها با نتایج گزارش شده توسط ژنگ و ژنگ (۲۰۰۷)، در رابطه با کاهش آکریل‌آمید در تکه‌های نان سرخ شده با افزودن برگ بامبو و عصاره چای سبز و اثر آن بر ویژگی‌های حسی این محصول مطابقت داشت [۲۹]. همچنین غوطه‌وری در غلظت‌های مختلف عصاره زردچوبه در هر دو سطح ۵ و ۱۰ درصد، بر رنگ ظاهری سیب‌زمینی سرخ‌شده تاثیر مثبت داشته و اثر آن با افزایش غلظت عصاره مورد استفاده از روند افزایشی برخوردار بود.

گردید. این درحالی‌است که غوطه‌وری در عصاره زردچوبه با غلظت ۱۰ درصد، به تضعیف رنگ و کاهش شاخص  $L^*$  (۴۹/۲۷±۰/۶۴) در مقایسه با نمونه شاهد منجر شد. در رابطه با شاخص  $a^*$  نیز مشاهده شد که با افزایش غلظت عصاره زردچوبه، میزان پارامتر  $a^*$  کاهش یافته که نشان‌دهنده کاهش میزان قرمزی در نمونه‌ها بوده است. در خصوص شاخص‌های  $a^*$  و  $L^*$  بین تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ و در مورد شاخص  $b^*$  نیز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۰۱ وجود داشت. بهترین تیمار از جهت شاخص‌های  $a^*$  و  $b^*$  تیمار غوطه‌ور شده در عصاره زردچوبه با غلظت ۱۰ درصد و بهترین تیمار از نظر شاخص  $L^*$  تیمار غوطه‌ور شده در عصاره زردچوبه با غلظت ۵ درصد بود که از نظر آماری با نمونه شاهد (۵۱/۶۷±۱/۵۰) تفاوت معنی‌داری نداشت ( $p > ۰/۰۵$ ). بررسی نتایج مربوط به  $\Delta E$  نیز که شاخص میزان تغییر رنگ نسبت به نمونه شاهد می‌باشد، تفاوت معنی‌داری ( $p < ۰/۰۵$ ) بین نمونه‌های مورد آزمون نشان داد. به طوری که افزایش غلظت عصاره زردچوبه، منجر به افزایش مقدار  $\Delta E$  و تغییر معنی‌دار رنگ نمونه‌های غوطه‌ور شده در عصاره زردچوبه نسبت به

### ۳-۴- ارزیابی حسی

شکل ۲ نشان دهنده اثر غوطه‌وری در غلظت‌های مختلف ۵ و ۱۰ درصد عصاره زردچوبه بر ویژگی‌های حسی (رنگ ظاهری، طعم، بافت) سیب‌زمینی سرخ‌شده می‌باشد. طبق نتایج به‌دست آمده، غوطه‌وری در غلظت‌های مختلف عصاره زردچوبه منجر به بهبود طعم و رنگ سیب‌زمینی سرخ شده گردید و از نظر آماری بین بافت نمونه‌های غوطه‌ور شده در عصاره زردچوبه با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با این حال، اثر غوطه‌وری در غلظت‌های مختلف عصاره زردچوبه بر روی طعم سیب‌زمینی سرخ شده معنی‌دار بود ( $p < ۰/۰۵$ )؛ به طوری که غوطه‌وری در غلظت ۵ درصد عصاره زردچوبه اثر مثبت بر طعم سیب‌زمینی سرخ شده داشت؛ درحالی‌که غوطه‌ور شده در محلول ۱۰ درصد عصاره

- Alizadeh A. Effect of Blanching under Vacuum and Coating on Quality Characteristics and Acrylamide Content in Fried Potato Strips. *Iran J FOOD Sci Technol.* 2018;15(78):15–24 .
- [3] Dana D, Saguy IS. Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. *Adv Colloid Interface Sci.* 2006;128–130:267–72 .
- [4] Krokida MK, Oreopoulou V, Maroulis ZB. Effect of frying conditions on shrinkage and porosity of fried potatoes. *J Food Eng.* 2000;43(3):147–54 .
- [5] Arias-Mendez A, Warning A, Datta AK, Balsa-Canto E. Quality and safety driven optimal operation of deep-fat frying of potato chips. *J Food Eng.* 2013;119(1):125–34 .
- [6] Pedreschi F, Kaack K, Granby K, Troncoso E. Acrylamide reduction under different pre-treatments in French fries. *J Food Eng.* 2007;79(4):1287–94 .
- [7] Bunger A, Moyano P, Rioseco V. NaCl soaking treatment for improving the quality of french-fried potatoes. *Food Res Int.* 2003;36(2):161–6 .
- [8] Zeng X, Cheng KW, Jiang Y, Lin ZX, Shi JJ, Ou SY, et al. Inhibition of acrylamide formation by vitamins in model reactions and fried potato strips. *Food Chem.* 2009;116(1):34–9 .
- [9] Timilsena YP, Khanal JS, Anal AK. Acrylamide: Thermally Induced Toxicant in Foods and Its Control Measures. *J Food Sci Technol Nepal.* 2013;6:19–30 .
- [10] Pedreschi F, Zuñiga RN. Acrylamide and Oil Reduction in Fried Potatoes : A Review. *Glob Sci Books.* 2009;82–92 .
- [11] Knol JJ. Kinetic modeling of acrylamide formation in aqueous reaction systems and potato crisps. 2014. 1–50 p .
- [12] Morales F, Capuano E, Fogliano V. Mitigation strategies to reduce acrylamide formation in fried potato products. *Ann N Y Acad Sci.* 2008;1126:89–100 .
- [13] Gökmen V, Şenyuva HZ. Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. *Food Chem.* 2007;103(1):196–203 .
- [14] Kim CT, Hwang E-S, Lee HJ. Reducing Acrylamide in Fried Snack Products by Adding Amino Acids. *J Food Sci.* 2005;70(5):C354–8 .
- [15] Rezaei M, , Pezeshk, S. , Hosseini, H., Eskandari S. Effect of antioxidant activity of



**Fig 2** Effect of different concentrations of turmeric extract on organoleptic properties of fried potatoes (Data are expressed as mean  $\pm$  standard deviation (n=3), and different letters show significant difference at the 5% level in Tukey's test ( $p < 0.05$ ))

#### ۴- نتیجه گیری کلی

طبق نتایج به دست آمده؛ غوطه‌وری نمونه‌های سیب‌زمینی در محلول‌های عصاره زردچوبه باعث افزایش محتوای رطوبت در سیب‌زمینی‌های سرخ شده گشت که این امر باعث حفظ بافت و کاهش چروکیدگی با افزایش غلظت عصاره زردچوبه گردید. همچنین استفاده از عصاره زردچوبه در غلظت‌های مختلف باعث کاهش مقدار جذب روغن توسط نمونه‌ها شد که این امر با افزایش رطوبت موجود قابل توجیه بود. غوطه‌وری در محلول‌های عصاره زردچوبه منجر به کاهش محتوای آکریل‌امید در سیب‌زمینی سرخ کرده شد که این کاهش تحت تاثیر غلظت مورد استفاده قرارگرفت. به‌طورکلی نمونه سیب‌زمینی سرخ شده با استفاده از غوطه‌وری در محلول عصاره زردچوبه ۱۰ درصد از نظر حفظ ویژگی‌های کیفی (جذب روغن، میزان رطوبت و چروکیدگی)، رنگ، بافت و امتیاز ویژگی‌های حسی ارزیابی شده توسط ارزیاب‌ها به-عنوان بهترین نمونه معرفی گردید.

#### ۵- منابع

- [1] Garmakhany AD, Mirzaei HO, Maghsoudlou Y, Kashaninejad M, Jafari SM. Influence of partial drying on oil uptake & quality attributes of french fries. *J Agric Sci Technol.* 2010;4(1):31–6 .
- [2] Tabibiazar, M, Roufegari-nejad, L,



- Hosseini F, Bulurian S. Comparison of Turmeric Curcumin Antioxidant Efficacy with Natural And synthesis Antioxidants in the food model system (soybean oil). *J Innov Food Sci Technol*. 2013;5(1):13–22 .
- [23] Qagharbeigi P, Kamkar A, Jannat B, Haj Hosseini Babaei A. Inhibitory effects of rosemary extract and vitamins niacin (B3 ) and pyridoxine (B6) on acrylamide formation in potato chips. *Iran J Nutr Sci Food Technol*. 2012;7(2):67–74 .
- [24] Basuny AMM, Arafat SM. Reduction of acrylamide formation, polymer compounds and oil uptake in potato slices during frying. *Curr Res Microbiol Biotechnol*. 2013;1(3):111–8 .
- [25] Rahbar Imani T, Roufegari-Nejad L. Reduction of acrylamide under different pretreatments in French fries. *J Food Hyg*. 2016;21(1):1–15 .
- [26] Andreadis I. A color coordinate normalizer chip. *J Intell Robot Syst*. 2000;28(1–2):181–96 .
- [27] Fellows PJ. Food processing technology: principles and practice. Woodhead Publishing; 2000. 6008 p .
- [28] Falguera V, Quintero JP, Jiménez A, Muñoz JA, Ibarz A. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends Food Sci Technol*. 2011;22(6):292–303 .
- [29] Zhang Y, Zhang Y. Study on reduction of acrylamide in fried bread sticks by addition of antioxidant of bamboo leaves and extract of green tea. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2007;16(SUPPL.1):131–6.
- shallot extract (*Allium ascalonicum*), turmeric extract and their composition on changes of lipids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) vacuum packaged. *Iran J FOOD Sci Technol*. 2011;8(28):47–56 .
- [16] Mohammad Ali Nejad S, Dehgannia J, Jalali S. The Effect of Integrated Frequencies and Time of Ultrasonic Application on Oil Absorption during Frying Potatoes. *Iran J Biosyst Eng*. 2018;49(1):35–47 .
- [17] Alipore M, Kashani Nezhad M, Maghsudlo Y, Jafari M. Effect of carrageenan, oil temperature and frying time on oil absorption in fried potato products. *Iran Food Sci Technol Res J*. 2009;5(1):21–7 .
- [18] Cunniff P. Association of Official Analytical Chemists.(1995). Off methods Anal AOAC Int (Washington, DC Assoc Off Anal Chem .
- [19] Mousavi Kalajahi SE, Asefi N, Soofi M. Optimization of different pretreatments including blanching, soaking in different concentration of sodium chloride solution and vacuum drying on oil uptake and quality features of deepfried eggplant. *Iran J Food Sci Technol*. 2019;16(89):71–84 .
- [20] Ziaifar AM, Courtois F, Trystram G. Porosity development and its effect on oil uptake during frying process. *J Food Process Eng*. 2010;33(2):191–212 .
- [21] Suárez RB, Campañone LA, García MA, Zaritzky NE. Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems. *J Food Eng*. 2008;84(3):383–93 .
- [22] Eshgi N, Hadad Khodaparast MH,



## Effect of turmeric extract (*Curcuma Longa L.*) on acrylamide content and quality characteristics of fried potatoes

Soroushfard, A. <sup>1</sup>, Rufegarinejad, L. <sup>2\*</sup>, Soofi, M. <sup>3</sup>

1. M.Sc in Food Science and Technology, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran.
2. Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran.
3. Ph.D in Food Science and Technology, Research and Development Department, AsiaShoor Company, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Article History:</b></p> <p>Received 2020/ 12/ 31 Accepted 2021/ 02/ 20</p> <hr/> <p><b>Keywords:</b></p> <p>Acrylamide, Curcumin extract, Fried potato.</p> <hr/> <p><b>DOI:</b> 10.52547/fst.18.05.14</p> <hr/> <p>*Corresponding Author E-Mail: l.roufegari@iaut.ac.ir</p>	<p>Due to the progressive consumption of fried food products in the country, the increase of quality and oil uptake reduction is necessary. As a potent human toxicant, acrylamide is present in different heated food products, with unexpectedly high levels in potato products such as french fries. Prevention of acrylamide formation in food could minimize its dietary exposure and decrease its potential health risks to humans. For this purpose, blanched potato slices were immersed in curcumin extracts (0, 5, and 10% w/w) for 15 minutes, followed by frying in oil. Water content, oil uptake, shrinkage, color (<math>L^*</math>, <math>a^*</math>, <math>b^*</math>), acrylamide content, and sensory properties were analyzed. The results showed that increasing curcumin concentration increased the water content and decreased the oil uptake and shrinkage in all samples. Color parameters indicated that <math>L^*</math> and <math>a^*</math> of the potatoes decreased by increasing curcumin extract concentrations, but <math>b^*</math> was increased. The immersion in a solution of curcumin extract reduced the content of acrylamide in french fries significantly. As the increasing concentration of curcumin up to 10%, the amount of acrylamide decreased by 47% compared to the control sample. Sensory characteristics (appearance, smell, taste) except flavor at a concentration of 10% curcumin extract improved with increasing extract concentration. Using curcumin extract and improving the quality and sensory properties led to a significant reduction in fried potatoes' acrylamide formation. They could be suggested as a method to reduce the construction of this toxic compound.</p>