تاثیر آنزیم‌بری تحت خلاء و پوشش‌دهی بر ویژگی‌های کیفی و محتوای آکریل آمید قطعات سیب‌زمینی سرخ شده

مهناز طبیبی آذر [۱]، لیلا روفه گری نژاد [۲*]، آیناز علیزاده [۲]

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکدهٔ تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۲/۰۷/ ۹۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۱۷)

چکیده

در این پژوهش به منظور کاهش میزان جذب روغن و محتوای آکریل آمید در سیب‌زمینی سرخ شده، تاثیر اعمال خلا طی آنزیم‌بری، استفاده از کلرید کلسیم در آنزیم‌بری و پوشش‌دهی با کربوکسی متیل سلولزدر قالب طرح کاملا تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور خلال‌هایی(۶×۰/۵×۰/۵ سانتی‌متر) از سیب‌زمینی واریته آگریا تهیه و بعد از آنزیم‌بری با آب یا محلول کلرید کلسیم (۰/۵ درصد) تحت خلا یا بدون خلا، در محلول کربوکسی متیل سلولز (۰/۵ درصد) قرار داده شده و سپس به روش عمقی سرخ شدند. محتوای رطوبت و روغن، مقدار آکریل آمید، شاخص‌های رنگی و ویژگی‌های حسی نمونه‌ها ارزیابی و با نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که کمترین محتوای روغن مربوط به خلال‌های آنزیم‌بری شده در محلول کلرید کلسیم (بدون خلا) و پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز بود. به رغم عدم تاثیر خلا بر میزان جذب روغن، این فاکتور بر محتوای رطوبت و میزان آکریل آمید به طور معنی‌داری تاثیر داشت ($p<۰/۰۱$) به طوریکه نمونه‌های آنزیم‌بری شده با محلول کلرید کلسیم تحت خلا و پوشش داده شده با کاهش ۷۵ درصدی نسبت به نمونه شاهد، کمترین میزان اکریل آمید را داشتند. استفاده از خلا و کلرید کلسیم طی آنزیم‌بری و پوشش دهی به طور معنی‌داری باعث بهبود شاخص‌های رنگی شد ($p<۰/۰۱$). از نظر ویژگی‌های حسی، پوشش دهی بیشترین تاثیر را در خصوص بهبود بافت و تردی، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها داشت همچنین استفاده از کلرید کلسیم و خلا طی آنزیم‌بری نیز باعث بهبود این ویژگی‌ها شد.

کلید واژگان : آکریل امید، آنزیم‌بری، خلا، سرخ کردن، سیب زمینی

* مسئول مکاتبات: l.roufegari@iaut.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-24]

۱- مقدمه

امروزه مصرف غذای سالم و ایمن از اهمیت بسیار بالایی در سلامت انسان برخوردار است. با صنعتی شدن مسیر تولید موادغذایی و مصرف انبوه موادغذایی صنعتی، احتیاج به بهبود کیفیت این محصولات افزایش یافته‌است و بخش قابل توجهی از مشکلات تغذیه‌ای ناشی از عدم مصرف غذای سالم می‌باشد. موادغذایی در عین حال که مواد مغذی ضروری برای رشد و سلامت بدن انسان‌ها را فراهم می‌کنند، اگر به طریق مناسب تولید و عرضه نگردند موجب بسیاری از بیماری‌ها می‌شوند. سیب‌زمینی سرخ‌شده در میان غذاهای میان‌وعده، سهم بازار قابل توجهی در بین مصرف‌کنندگان به‌ویژه کودکان و نوجوانان را به خود اختصاص داده است [۱]. سرخ‌کردن به صورت عمیق[1] انجام گرفته که طی آن مقدار زیادی روغن جذب سیب‌زمینی می‌شود. به‌رغم تامین اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی اما بالابودن مصرف این ترکیبات، ریسک ابتلاء به بیماری‌های قلبی عروقی، فشار خون، دیابت و برخی از انواع سرطان‌ها به‌خصوص سرطان روده‌ی بزرگ را افزایش می‌دهد و لذا تقاضا برای مصرف موادغذایی کم‌چرب رو به افزایش است به طوری‌که در کشورهای پیشرفته، دو سوم مصرف‌کنندگان از موادغذایی کم‌چرب و کم‌کالری استفاده می‌کنند [۲].

یکی از قدیمی‌ترین فرایندهای پخت انواع موادغذایی از جمله سیب‌زمینی، سرخ‌کردن‌عمیق است که اساس آن غوطه‌ور نمودن قطعات ماده‌غذایی در روغن یا چربی خوراکی داغ می‌باشد [۳ و ٤]. فرآیند سرخ‌کردن یک فرایند انتقال جرم و حرارت به‌طور همزمان می‌باشد. به‌طوریکه در طول فرآیند گرم کردن، حرارت از روغن به ماده‌غذایی منتقل شده و آب از ماده‌غذایی تبخیر می‌گردد که این امر باعث ایجاد اختلاف فشار- غلظت در لوله موئینه بر اثرخروج آب و جذب روغن به داخل آن می‌شود [٤]. به‌رغم ایجاد برخی ترکیبات معطر و خوش طعم در حین سرخ کردن که ناشی از واکنش روغن‌ها با پروتئین و کربوهیدات است، اما قرار گرفتن روغن در معرض دماهای بالای سرخ‌کردن و نیز در حضور اکسیژن و آب ناشی از ماده‌غذایی زمینه را برای وقوع واکنش‌های مخربی چون اکسایش حرارتی، پلیمریزاسیون و هیدرولیز فراهم می‌کند. ترکیبات شیمیایی حاصل از واکنش‌های مزبور منجر به بروز رنگ‌ها و مواد نامطلوبی شده و بر روی سیستم قلبی عروقی تاثیر نامطلوب دارند [۲و ۵]. انجام پیش تیمارهای مختلف، جهت کاهش میزان جذب روغن از اهداف تحقیقات متعدد انجام یافته توسط محققان بوده است.

آکریل آمید[2] یکی از ترکیبات نامطلوب ایجاد شده در مواد غذایی می‌باشد که در طی حرارت‌دهی در دماهای بالای ۱۲۰ درجه سلسیوس تشکیل می‌شود و مقدار آن در فرآورده‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده بیشتر از دیگر غذاهای فرآوری شده می‌باشد [٦ و ۷]. سازمان بهداشت جهانی[3] اعلام کرده است که یک سوم ازسرطان‌های مرتبط با تغذیه، به دلیل وجود آکریل‌آمید در موادغذایی می‌باشد. مطالعات و تحقیقات مختلف، تومور زایی 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 [۸]. تشکیل این ترکیب در سیب‌زمینی سرخ کرده به شدت حرارت‌دهی، زمان سرخ کردن، غلظت واکنش‌دهنده‌هایی مانند آسپاراژین و قندهای احیاکننده، مقدار رطوبت و مقدار روغن مورد استفاده برای سرخ کردن بستگی دارد [٦ و ۷].

با توجه به اهمیت سلامت و ایمنی مصرف‌کنندگان، پژوهش‌های متعددی در زمینه کاهش جذب روغن در مواد غذایی سرخ شده منجمله سیب زمینی صورت گرفته است که می توان تاثیر غوطه وری تکه‌های سیب زمینی در آب [٤ و ۵]، آنزیم‌بری با محلول کلرید کلسیم [۱ و ٤] و پوشش‌دهی با صمغ‌های مختلف [۱ و ۵] را عنوان کرد. همچنین تاثیر برخی از این پیش تیمارها [۹، ۱۰ و ۱۱] و اضافه کردن ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه [۱۲ و ۱۳] بر محتوای آکریل آمید بررسی شده است. با توجه به این موارد و تاثیر احتمالی اعمال خلا بر خروج پیش سازهای انجام واکنش‌های مخرب ذکر شده، در این پژوهش بررسی مقایسه‌ای تاثیر فرآیندهای آنزیم‌بری با آب یا کلرید کلسیم، استفاده از خلاء در طی آنزیم بری و هم چنین پوشش‌دهی با کربوکسی‌متیل‌سلولز بر میزان جذب روغن، خواص کیفی و محتوای آکریل آمید خلال سیب‌زمینی سرخ شده انجام گرفت.

1. Deep frying

2. Acryl amide
3. World Health Organization(WHO)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-24]

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

برای انجام این تحقیق، با توجه به اطلاعات و آمار اخذ شده از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر وزارت جهاد کشاورزی تبریز سیب زمینی (واریته آگریا) به عنوان فراوان‌ترین رقم مورد تولید و مصرف خریداری و تا زمان آزمایش در سردخانه با دمای ۸-٦ درجه سلسیوس نگهداری شد. برای سرخ کردن نمونه‌ها از روغن مایع مخصوص سرخ کردنی نینا (مخلوطی از روغن-های آفتابگردان، سویا و کلزا) استفاده شد. کربوکسی متیل سلولز مورد استفاده متعلق به شرکت سانروس ژاپن و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده متعلق به شرکت مرک آلمان بود.

۲-۲- آماده سازی نمونه‌ها

سیب‌زمینی‌ها پس از شستشو و پوست‌گیری، توسط کاتر (بیتا ساخت ایران) به قطعاتی به ابعاد ٦×۰/۵×۰/۵ سانتی‌متر برش داده شدند و به منظور حذف نشاسته سطحی باآب شستشو و آب اضافی آن‌ها با استفاده از کاغذ صافی گرفته شد. از این مرحله به بعد، نمونه‌ها برحسب انجام نوع پیش تیمار، به۱۰ دسته تقسیم شدند و مطابق جدول (۱) آماده‌سازی شدند. تهیه تیمارها در سه تکرار انجام و پس از آن، عمل سرخ کردن با اضافه‌کردن ۱۲۰-۱۰۰ گرم سیب‌زمینی داخل ۱/۵ لیتر روغن داخل دستگاه سرخ‌کن خانگی (Mulinex مدلF430.R- فرانسه) تحت دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس انجام‌گرفت. زمان سرخ‌کردن برای تمام نمونه‌ها یکسان و ۸ دقیقه در نظر گرفته شد. بعد از خروج نمونه‌ها از دستگاه، روغن آن‌ها توسط کاغذ جاذب گرفته شد و آزمایش‌های زیر بر روی آن‌ها انجام شد. تمامی آزمایشات با دو تکرار انجام شد و میانگین نتایج گزارش گردید.

Table 1 The methods of sample preparation with theirs abbreviations

Row	Treatment	Abbreviations
1	Control (without blanching and coating)	Control
2	Blanching in water*- Use of vacuum in blanching** -Without CMC coating	BW-V-NC
3	Blanching in water - Without vacuum - Without CMC coating	BW-NV-NC
4	Blanching in water - Use of vacuum in blanching - Coating with CMC***	BW-V-C
5	Blanching in water - Without vacuum - Coating with CMC	BW-NV-C
6	Blanching in calcium chloride**** - Use of vacuum in blanching - Without CMC coating	BC-V-NC
7	Blanching in calcium chloride - Without vacuum - Without CMC coating	BC-NV-NC
8	Blanching in calcium chloride - Use of vacuum in blanching- Coating with CMC	BC-V-C
9	Blanching in calcium chloride - Without vacuum – Coating with CMC	BC-NV-C
10	Without blanching - Without vacuum - Coating with CMC	NB-NV-C

*Potato slices were placed in hot water at 85°C for 6 minutes then washed with cold water [21]
**In the case of vacuum treatments, blanching was performed in vacuum oven (at at 85°C and pressure 100mbar)
*** Potato slices were immersed in a solution of carboxy methyl cellulose (CMC) for 2 min at room temperature. In order to remove surface coating, they were placed on filter paper [15]
*** Potato slices were placed in calcium chloride solution 0.5% at 85°C for 6 minutes. In order to remove surface moisture, they were placed on filter paper [22]

۲-۳- اندازه گیری محتوای روغن

محتوای روغن نمونه‌های سرخ شده با استفاده از روش سوکسله بر مبنای استخراج با حلال پترولیوم اتر انجام و بر حسب درصد (گرم روغن در صد گرم ماده خشک) گزارش شد [١٤].

۲-٤- اندازه گیری محتوای رطوبت

برای تعیین محتوای رطوبت نمونه‌های سرخ شده، از روش خشک کردن آن‌ها در آون کنوکسیونی در دمای ۱±۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن نمونه‌ها به وزن ثابت استفاده گردید و برحسب درصد (گرم رطوبت در صد گرم نمونه) گزارش شد [۱۵].

۲-۵- شاخص‌های رنگی

شاخص‌های رنگی با استفاده از روش پردازش تصویر[1] تعیین شد. بعد از عکس‌برداری از نمونه‌ها و کارت‌های استاندارد RALدر محفظه‌ای معین با شدت نور(D٦٥) و فاصله لنز ثابت تا نمونه (٤٥ درجه)، منحنی استاندارد برای هر یک از فاکتورهای L^*و$a^*b,^*$ رسم و معادله مناسب برازش شد. با

1. Image processing

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-24]

قرار دادن میانگین اعداد در این معادله، مقادیر واقعی L^*و$a^*b,^*$ تعیین شد [۱۶].

۲-۶- اندازه گیری آکریل‌آمید

یک گرم از نمونه خرد و همگن شده با ۱۰ میلی‌لیتر محلول آب و ۰/۱ درصد اسید فرمیک به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط شد و سپس در دمای ۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵دقیقه با سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. فاز روئی۱ توسط سرنگ نایلونی۰/٤۵ میکرومترفیلتر و برای‌خالص‌سازی۲و آنالیزذخیره - شد. برای خالص‌سازی بهتر آنالیت، دو میلی‌لیتر محلول نهایی از کارتریج استخراج فاز جامد 3(SPE) (نوع oasis HLB 3 ml/60 mg، Waters، امریکا) عبور داده شد. سپس شستشوی کارتریج ابتدا با ۰/۵-۱ میلی‌لیتر آب و سپس با ۲ میلی‌لیتر استون انجام شد [۱۷].

یک میکرولیتر از محلول حاصل از فرآیند SPE با استفاده از سرنگ ویژهٔ تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی با آشکار ساز یونی شعله‌ای (GC-FID) مدل 20-68 (Agilent، امریکا) به صورت خالص تزریق شد. ستون استفاده شده در این دستگاه از نوع موبین (HP5) به طول ۳۰ متر، قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر بود. دمای محفظه تزریق ۲۳۰ درجه سلسیوس و دمای آشکارساز ۲٦۰ درجه سلسیوس و برنامه دمایی آون به شرح ذیل تنظیم گردید: دمای ستون در ابتدا به مدت ۰/۵ دقیقه در ۱۰۰ درجه سلسیوس ثابت نگه داشته شد. سپس دما با سرعت ۱۵ درجه سلسیوس بر دقیقه افزایش یافت تا دمای ستون به ۲۰۵ درجه سلسیوس برسد. گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با فشار ثابت ۰/۷ مگا پاسکال با سرعت خطی ۱/٤ میلی‌لیتر در دقیقه در داخل ستون جریان داشت. مقادیر آکریل‌آمید نمونه‌ها از طریق منحنی کالیبراسیون حاصل از تزریق نمونه‌های استاندارد آکریل‌آمید باخلوص۹۹/۸ درصد در غلظت‌های ۵، ۱٤، ۳۵ و ۷۰ میکروگرم بر کیلوگرم رسم شد وسطح زیر منحنی‌های بدست آمده محاسبه گردید (شکل ۱).

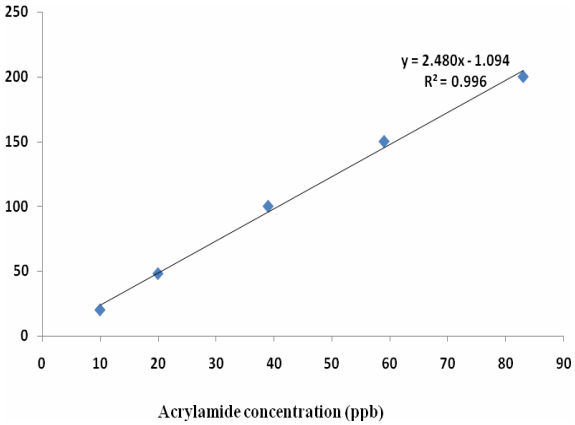

Fig1 Calibration curve of acrylamide

۲-۷- ارزیابی حسی نمونه‌های سیب‌زمینی سرخ شده

ویژگی‌های حسی قطعات سرخ شده سیب‌زمینی شامل رنگ، شکل ظاهری، بافت، طعم و بو و پذیرش کلی توسط ۳۰ ارزیاب نیمه آموزش دیده (ترکیب زن، مرد و کودک) در قالب آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای انجام شد. نمونه‌ها با کدهای سه رقمی مشخص شدند و از ارزیاب‌ها خواسته شد در فواصل بین نمونه‌ها از آب و کراکر استفاده کنند [۲].

۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشات در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت. آزمون مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ ($p<۰/۰۵$) انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان رطوبت

رطوبت از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی محصولات سرخ شده به شمار می‌رود. در طی سرخ‌کردن، رطوبت ماده غذایی از درون به سطح ماده غذایی منتقل و سپس دفع می‌گردد. نتایج محتوای رطوبت در جدول (۱) آورده شده است و همانگونه که مشخص است آنزیم‌بری سبب افزایش معنی‌دار محتوای رطوبت خلال‌ها شده است. این امر در نتیجه ژلاتینه شدن نشاسته وصاف شدن سطح خلال‌های سیب‌زمینی و انبساط منافذ درون سلولی بوده که به کاهش خروج رطوبت از

1. Supernatant
2. Clean up
3. Solid-phase extraction (SPE)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-24]

محصول منتهی می‌شود [۱۸ و ۱۹]. نتایج همچنین گویای این است که استفاده از کلرید کلسیم برای آنزیم‌بری، انجام آنزیم‌بری در خلأ و پوشش دهی نیز باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در میزان رطوبت خلال‌ها شده است ($p<۰/۰۱$). علاوه بر دلیل افزایش رطوبت در نتیجه آنزیم‌بری که به آن اشاره شد، انجام این عمل در محلول حاوی کلرید کلسیم با فعال شدن آنزیم پکتین متیل استراز باعث استحکام و حفظ ساختار سلول‌های درونی منبسط شده و تاثیر افزایشی روی رطوبت ظاهر می‌شود [۱۱]. در حین اعمال خلا نیز فشار روی ماده غذایی کم شده و با خارج شدن گازهای محبوس در فضاهای بین سلولی، انبساط سلولی بیشتر اتفاق می‌افتد که با دیفوزیون ماده خشک از خلال‌ها به آب آنزیم‌بری و رطوبت به داخل خلال‌ها همراه می‌باشد.

Table 2 Oil absorbtion ,moisture and acrylamide content of potato slices after treatment

treatment	Moisture%	Oil%	Acrylamide(µg/Kg)
Control	28.50^{b}±0.2	38.5^{f}±0.11	72.11^{g}±4.8
BW-V-NC	26.48^{a}±0.41	36.5^{e}±0.22	38.17^{e}±2.41
BW-NV-NC	28.53^{b}±0.18	35.42^{e}±0.13	46.54^{f}±4.13
BW-V-C	$34.4d^{e}$±0.27	19.32^{b}±0.08	27.41^{e}±2.41
BW-NV-C	35.5^{e}±0.31	18.71^{b}±0.1	31.27^{d}±3.81
BC-V-NC	33.51^{d}±0.17	33.51^{d}±0.17	31.31^{d}±2.45
BC-NV-NC	30.05^{c}±0.21	28.05^{c}±0.16	30.19^{d}±3.71
BC-V-C	43.5^{g}±0.31	24.11^{a}±0.11	17.41^{a}±3.18
BC-NV-C	39.5^{f}±0.18	16.05^{a}±0.05	21.18^{b}±4.17
NB-NV-C	38.05^{f}±0.29	21.56^{bc}±0.19	33.87^{d}±3.81

۳-۲- جذب روغن

میزان روغن یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی محصولات سرخ شده می‌باشد. محتوای روغن خلال‌های مربوط به تیمارهای مختلف در جدول (۱) آورده شده است. همانگونه که مشخص است خلال‌های آنزیم‌بری شده (با آب خالص یا حاوی کلرید کلسیم) بدون اعمال خلا و پوشش‌دهی شده، کم‌ترین میزان روغن را دارا هستند. در نمونه‌های بدون پوشش، تاثیر کاهشی کلرید کلسیم بر محتوای روغن معنی‌دار بود. باتوجه به همبستگی منفی میزان رطوبت با محتوای چربی، انتظار می‌رود که فاکتورهای افزایش دهنده محتوای رطوبت خلال‌ها باعث کاهش میزان چربی آن خواهد شد. بنابراین دلایلی که در بحث رطوبت به آن اشاره شد در جذب روغن نیز صادق می‌باشد. گزارشاتی مبنی بر کاهش محتوای روغن در خلال سیب زمینی‌های سرخ شده که تحت آنزیم‌بری در محلول کلریدکلسیم با اسید سیتریک قرار داشتند [۲۰] و نیز نمونه هایی که آنزیم‌بری آن ها در حضور کلرید سدیم انجام شده بود [۲۱] وجود دارد. برخلاف انتظار، در تیمارهای آنزیم‌بری شده با خلا (که میزان رطوبت بالاتری داشتند) محتوای روغن بالاتر از نمونه‌های آنزیم‌بری شده بدون خلا بود این مسئله به احتمال زیاد در نتیجه تخلیه آب از فضاهای سلولی منبسط شده به تدریج بعد از برداشته شدن خلا صورت گرفته است به عبارت دیگر ایجاد تخلخل بالا در نتیجه خلا، اثر معکوسی بر میزان کاهش روغن داشته است. اثر پوشش دهی با کربوکسی متیل سلولز برجذب روغن در تیمارهای مورد بررسی معنی دار بوده است ($p<۰/۰۱$). انجام پوشش‌دهی توسط هیدروکلوئیدها ضمن کاهش خروج رطوبت از محصول، جذب روغن را کاهش می‌دهد و در این خصوص پوشش های آب دوست از جمله مشتقات سلولز، کارایی بیشتری دارند [۱]. گارسیا (۲۰۰۲) به کاهش ۴۰-۳۵ در صدی جذب روغن در خلال های سیب زمینی پوشش داده شده با متیل سلولز اشاره کرده است [۲۲]. هم چنین مناسب بودن هیدروکسی متیل سلولز به همراه گوار - گزانتان و کاهش ٤٥ درصدی محتوای روغن زمانی که کربوکسی متیل سلولز به عنوان لایه پوششی دوم بر روی پکتین و آلژنیات قرار می گیرد بیان گردیده است [۲۳].

۳-۳- محتوای آکریل آمید

نتایج مربوط به اندازه‌گیری آکریل امید در تیمارهای مورد بررسی در جدول (۱) و نمونه‌ای از کروماتوگرام آنالیز آکریل

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-24]

آمید در شکل (۱) آورده شده است. همانگونه که مشخص است پیش تیمار آنزیم‌بری، استفاده از کلرید کلسیم و خلا در آنزیم‌بری و پوشش‌دهی با کربوکسی متیل سلولز به طور معنی‌داری باعث کاهش محتوای آکریل آمید در خلال‌های سیب‌زمینی شده است ($p<۰/۰۱$). ارتباط معنی‌داری بین میزان جذب روغن و محتوای آکریل آمید در منابع ذکر شده است [۲٤] بنابراین می‌توان انتظار داشت طبق نتایج بدست‌آمده در قسمت ۳-۲، تیمارهایی با میزان جذب روغن پایین، محتوای آکریل آمید کمتری داشته باشند. در این قسمت از توضیح مجدد بحث‌های مربوطه اجتناب شده و به سایر مکانیسم‌های کاهشی در نتیجه پیش تیمارهای مورد استفاده اشاره شده است. آنزیم‌بری باعث کاهش ۳۵ درصدی در محتوای آکریل آمید شد (مقایسه نمونه کنترل و BW-NV-NC) در صورتی‌که این میزان کاهش در صورت استفاده از کلرید کلسیم ۵۸ درصد (مقایسه تیمار کنترل و BC-NV-NC) و به‌کار گرفتن خلا حین آنزیم بری ٤۷ درصد (مقایسه تیمارBW-V-NC وBW-NV-NC) بود. تاثیر کاهشی آنزیم بری را می‌توان به کاهش محتوای پیش‌سازهای تشکیل آکریل آمید (قندهای احیا کننده و آسپاراژین) ارتباط داد. علاوه بر این، آنزیم‌بری باعث غیر فعال شدن آنزیم‌های موثر در شکستن کربوهیدرات‌های موجود در ماده غذایی و تولید قندهای پیش‌ساز آکریل‌آمید نیز می‌شود [٦، ۱۰ و ۲٤]. اثر تشدیدکنندگی در کاهش آکریل آمید در طی آنزیم‌بری در محلول کلرید کلسیم را می‌توان به واکنش کلسیم با آسپاراژین مربوط دانست که از شکل‌گیری باز شیف آسپاراژین، و به این ترتیب از وقوع واکنش میلارد و تشکیل آکریل آمید جلوگیری می‌کند. کاهش ۹۰ درصدی آکریل آمید و ۲۷ درصدی مقدار روغن چیپس‌های سیب‌زمینی در نتیجه غوطه‌وری در محلول سدیم کلرید ۰/۱ درصد گزارش شده است. در مقایسه نمک‌های مختلف کلره، تاثیر کاهشی کلرید کلسیم بیشتر از کلرید سدیم و منیزیم بیان شده است [۱۰]. به رغم موثر نبودن اعمال خلا حین آنزیم‌بری بر میزان جذب روغن، اما همانگونه که در نتایج مشخص است (جدول ۱)، آکریل آمید در نمونه‌های تیمار شده با خلا، به طور معنی داری پایین‌تر از سایر نمونه‌ها می باشد این مسئله را می‌توان به اثر تشدیدکنندگی خلا در خروج پیش‌سازهای تشکیل آکریل آمید مربوط دانست. بیشترین میزان کاهش در نمونه آنزیم‌بری شده با محلول کلرید کلسیم و تحت خلا و پوشش داده شده (BC-V-C) به میزان ۷٦ درصد نتیجه شد. مکانیسم‌های پیشنهاد شده جهت تاثیر هیدروکلوئیدها بر کاهش آکریل‌آمید را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد [۱]:

الف) هیدروکلوئیدها با ایجاد لایه محافظ، انتقال حرارت در طول حرارت‌دهی را کاهش داده و منجربه کاهش آکریل‌آمید می‌شوند.

ب) هیدروکلوئیدها بر واکنش پیش‌سازهای آکریل‌آمید (قند و آمینواسید) تاثیر می‌گذارند.

ج) هیدروکلوئیدها با تغییر در مقدار آب (کاهش از دست دادن آب) محتوای آکریل‌آمید را کاهش می‌دهند زیرا در طول سرخ کردن، آکریل‌آمید در بخش‌هایی از مواد غذایی که حاوی آب کمتری است، بیشتر تشکیل می‌شود.

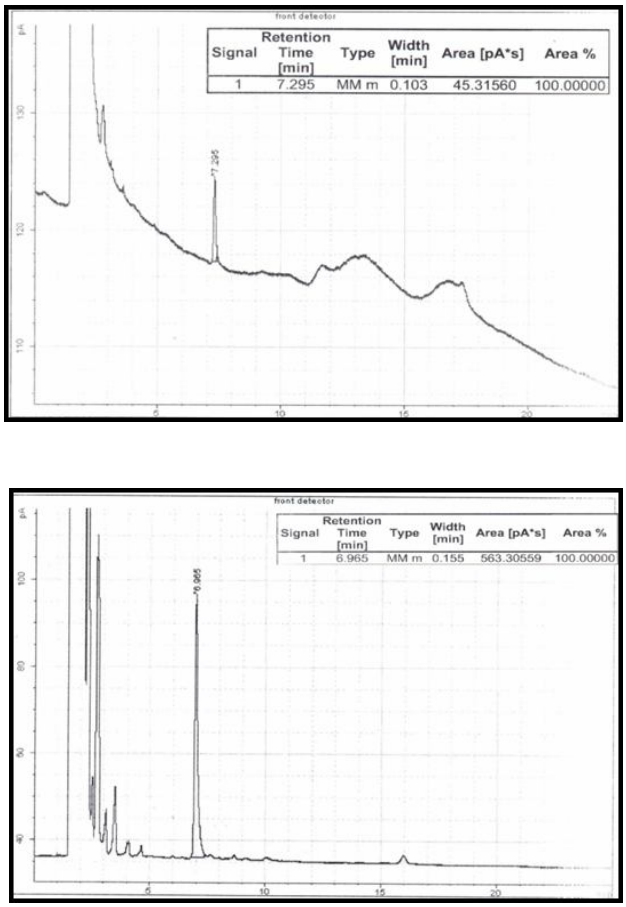

Fig 2 Chromatograms of control samples (right) and blanched samples with calcium chloride under vacuum and coated (left)

۳-٤- شاخص‌های رنگی

ابعاد رنگ سنجی a*,b* و L* مربوط به تیمارهای مختلف در جدول (۳) آورده شده است. همانگونه که مشخص است

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-24]

شاخص L* (شفافیت) در نمونه آنزیم‌بری شده با کلسیم تحت خلا و پوشش داده شده و نیز نمونه پوشش داده شده بدون آنزیم‌بری بیشترین مقدار بود در حالی‌که کمترین مقدار L* (تیرگی) در نمونه‌های بدون آنزیم بری و پوشش دهی (کنترل) نتیجه شد. تفاوت در شاخص L*، به طور معنی‌داری تحت تاثیر نوع آنزیم بری، اعمال خلا طی آنزیم بری و پوشش دهی بود ($p<۰/۰۵$). تاثیر آنزیم بری را می‌توان به کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی ارتباط داد [٦ و ١٠]. استفاده از خلا به دلیل برداشته شدن فشار از ماده غذایی و ایجاد تخلخل در بافت و تغییر انعکاس نور در سطح ماده غذایی منجر به بهبود رنگ محصول می‌شود [٢٥]. علاوه بر این، بهبود رنگ میوه‌ها در نتیجه کاهش حساسیت به قهوه‌ای شدن آنزیمی که در اثرخروج هوا از بافت و کاهش غلظت اکسیژن اتفاق می‌افتد نیز گزارش شده است [٢٦]. پوشش های خوراکی، ظرفیت نگهداری آب و انعکاس نور در سطح خلال ها را بهبود بخشیده و با پرکردن منافذ و ایجاد یک لایه ژله‌ای برروی سطح ماده‌غذایی سبب محدودکردن نفوذ اکسیژن به بافت ماده غذایی و در نهایت سبب روشنایی در محصول می‌شوند [٢٢]. نتایج مشابهی از افزایش شاخص L* در نمونه های پوشش داده شده گزارش شده است [١ و ٩].

شاخص a*، تنها تحت تاثیر روش آنزیم‌بری و پوشش دهی قرار داشت ($p<۰/۰۵$) به طوری‌که بیشترین شاخص a* (قرمزی) در نمونه کنترل و کمترین شاخص a* (سبزی) در نمونه آنزیم‌بری شده با کلرید کلسیم (تحت خلا و بدون خلا) و پوشش دهی شده بود. با توجه به این که ایجاد رنگ قرمز تا حد بسیاری در نتیجه واکنش قهوه‌ای شدن مایلارد صورت می‌گیرد، خروج پیش سازهای این واکنش در جریان آنزیم بری و استفاده از خلامی‌تواند توجیه کننده کاهش قرمزی در این نمونه‌ها باشد. با وجود تاثیر معنی‌دار روش آنزیم‌بری و پوشش دهی بر روی میزان زردی نمونه‌ها (شاخص b*)، اما تفاوت ایجاد شده در نتیجه پیش تیمارها بسیار چشمگیر نبود ($p<۰/۰۵$). نمونه کنترل کمترین زردی و نمونه آنزیم بری شده با کلرید کلسیم تحت خلا و پوشش‌دهی شده بیشترین مقدار b* را داشت.

Table 3 Effect of treatments on color index of fried slices of potato

Treatment	a*	b*	L*
Control	$8.60^{e}\pm0.11$	$60.10^{b}\pm2.15$	$67.2^{a}\pm1.11$
BW-V-NC	$11.14^{f}\pm0.18$	$58.28^{a}\pm1.18$	$71.18^{c}\pm1.15$
BW-NV-NC	$12.41^{f}\pm0.46$	$59.14^{a}\pm2.11$	$69.71^{b}\pm1.18$
BW-V-C	$4.62^{bc}\pm0.4$	$68.72^{cd}\pm0.98$	$73.11^{d}\pm0.87$
BW-NV-C	$5.29^{c}\pm0.32$	$65.49^{c}\pm1.23$	$71.87^{c}\pm0.19$
BC-V-NC	$6.38^{d}\pm0.11$	$62.98^{bc}\pm3.74$	$74.15^{de}\pm0.29$
BC-NV-NC	$7.03^{e}\pm.62$	$60.23^{b}\pm2.93$	$72.17^{cd}\pm1.15$
BC-V-C	$3.06^{a}\pm0.18$	$75.41^{e}\pm2.44$	$79.18^{f}\pm2.13$
BC-NV-C	$4.16^{b}\pm0.55$	$69.08^{cd}\pm2.65$	$77.18^{e}\pm0.91$
NB-NV-C	$7.13^{de}\pm0.91$	$70.22^{d}\pm1.56$	$78.91^{ef}\pm0.65$

Values in the same column with different letters are significantly different($p<0.05$)

۳-۵- ویژگی‌های حسی

نتایج تاثیر پیش تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های حسی (رنگ، طعم، بافت و تردی، پذیرش کلی) خلال‌های سیب‌زمینی در جدول (٤) آورده شده است. ارزیابان حسی در سطح احتمال ۰/۰۵ تفاوت معنی داری را در مورد این ویژگی‌ها تشخیص دادند. نمونه‌های بدون پوشش کمترین امتیاز رنگ را داشتند در صورتی که بیشترین امتیاز به نمونه‌های آنزیم‌بری با کلرید کلسیم (خلا و بدون خلا) و پوشش‌دهی تعلق گرفت. این نمونه‌ها علاوه بر رنگ، بهترین انتخاب ارزیابان از نظر طعم، بافت و پذیرش کلی نیز بودند. اثر بهبود دهندگی رنگ و بافت در حضور کلرید کلسیم اشاره شده است [۵ و ۲۰]. استفاده از پوشش‌های خوراکی سبب افزایش روشنایی سطح خلال‌ها و افزایش کیفیت بافت خلال‌ها و کاهش واکنش‌های مخرب در نمونه‌های سرخ‌شده گردید. همانطور که قبلاً اشاره شد،استفاده از پوشش‌های خوراکی از نفوذ اکسیژن به داخل بافت جلوگیری کرده و سرعت هیدرولیز و اکسیداسیون روغن در طول انبارداری را کاهش می‌دهد. تاثیر پذیری روی وقوع واکنش مایلارد و کاهش جذب روغن از دیگر علت‌های بهبود ویژگی‌های حسی در نتیجه پوشش‌دهی می‌باشد [۱ و ۲۷].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-24]

Table 4 Effect of pretreatments on sensory properties of fried slices of potatoe

Treatment	Color	Flavor	Texture	Overall acceptability
Control	3.03^{ab}	2.189^{a}	3.11^{bc}	3.27^{ab}
BW-V-NC	2.789^{a}	2.70^{ab}	2.78^{b}	3.08^{a}
BW-NV-NC	2.24^{a}	2.38^{ab}	2^{a}	2.50^{a}
BW-V-C	4.22^{c}	4.28^{c}	4.70^{de}	4.57^{c}
BW-NV-C	$4b^{c}$	4^{bc}	4.5^{de}	4.43^{c}
BC-V-NC	3.18^{ab}	4.08^{bc}	4^{cd}	4.11^{bc}
BC-NV-NC	3.73^{b}	3.75^{b}	3.50^{c}	3.57^{b}
BC-V-C	4.98^{d}	5^{d}	4.87^{e}	4.94^{d}
BC-NV-C	4.79^{d}	4.68^{cd}	4.98^{e}	4.91^{d}
NB-NV-C	3.08^{bc}	3.70^{b}	4.20^{d}	4.25^{c}

٤- نتیجه گیری

در این مطالعه تاثیر استفاده از کلرید کلسیم و خلا در آنزیم‌بری و پوشش‌دهی با کربوکسی متیل سلولز بر خصوصیات کیفی خلال سیب‌زمینی سرخ شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که میزان جذب روغن به طور معنی داری تحت تاثیر استفاده از کلرید کلسیم و پوشش‌دهی بوده و نمونه آنزیم‌بری شده با کلرید کلسیم تحت خلا و پوشش دهی شده کمترین میزان آکریل آمید و بیشترین پذیرش را در بین ارزیابان حسی دارا بودند. در کل می‌توان نتیجه گرفت که با اعمال پیش تیمار خلا طی آنزیم بری با کلرید کلسیم و پوشش‌دهی، می‌توان به محصولی ایمن با محتوای آکریل آمید پایین و خصوصیات کیفی بهتر دست یافت.

٥- منابع

[1] Daraei Garmakhany, A, Mirzaei, H, O, Maghsoudlou, Y, Kashaninejad, M, Jafari, S, 2014. Production of low fat French-fries with single and multi-layer hydrocolloid coating, *Food Science Technol*ogy, 51, 1334–1341.

[2] Arias – Mendes, A, Warning, A, Datta, A, k, 2013. Quality and safety driven optimal operation of deep – fat frying of potato chips, *Food Engineering,* 119, 125 – 134.

[3] Gupta, P, Shivhare, U.S, Bawa, A, S, 2000. Studies on frying kinetics and quality of French fries. *Drying Technology,* 18, 311-321.

[4] Dana, D, Saguy, I, S, 2006. Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. *Advanced Colloid Interface,*128-130, 267-272.

[5]Pedreschi, F, Claudia, C, Moyano, P, Troncoso, E, 2008, Oil distribution in potato slices during frying, *Food Engineering,* 87, 200-212.

[6] Pedreschi, F, 2009, Acrylamide formation and reduction in fried potatoes, in: Ortega-Rivas,E. (Eds.), *Processing effects on safety and quality of foods*, 231-251.

[7] Knol, J, J. 2008. Kinetic modeling of acrylamide formation in aqueous reaction systems and potato crisps, Wageningen University & Research Centre.

[8]Timilsena, Y, P, Khanal, J, S, Anal, A, K. 2013. Acrylamide: thermally induced toxicant in foods and its control measures, *Food Science and Technollogy Nepal,* 6, 19-30.

[9] Pedreschi, F, Kaack, K, Granby, K, Troncoso, E. 2007. Acrylamide reduction under different pre-treatments in French fries, *Food Engineering*, 79, 1287-1294.

[10] Morales, F, Capuano, E, Fogliano, V, 2008. Mitigation strategies to reduce acrylamide formation in fried potato products. *Annals of the New York Academy of Science,* 1126, 89-100.

[11] Rahbar Imani, T, Roufegarinejad, L, 2016, Reduction of acrylamide under different pretreatments in French fries, *Food Hygien*, 1, 1-14.

[12] Kim, C, T, Hwang, E. S, Lee, H, J, 2005, Reducing acrylamide in fried snack products by adding amino acids, *Food Science,* 70, 354-358.

[13] Zeng, X, Cheng, K. W, Jiang, Y, Lin, Z, X, Shi, J, J, Ou, S. Y, Wang, M, 2009, Inhibition of acrylamide formation by

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-24]

vitamins in model reactions and fried potato strips. *Food Chemistry,* 116, 34-39.

[14] Association of Official Analytical Chemists 1995. Official Methods of Analysis Washington, DC.

[15] Association of Official Analytical Chemists 1990. Official Methods of Analysis. Washington, DC.

[16] Suarez, B, Campanone, L, A, Garcıa, M. A, Zaritzky, N, E. 2008. Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems, *Food Engineering*, 84, 383-393.

[17] Perkin, E, 2004. Acrylamide Analysis by Gas Chromatography. USA: PerkinElmer Life and Analytical Sciences, 20, 5-7.

[18] Math, R,G, Velu, V, Nagender, A, Rao, D,G, 2004. Effect of frying conditions on moisture, fat, and density of papad, *Food Engineering*, 64, 429-434.

[19] Troncoso, E, Pedreschi, F, 2009. Modeling waterloss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices, *LWT-Food Science Technology,* 42, 1164-1173.

[20] Rimac-Brncic, S.M, Lelas, V, Rade, D, Simundic, B, 2004. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying, *Food Engineering*, 64, 237-241.

[21] Duran, M, Pedreschi, F, Moyano, P, Troncoso, E, 2007, Oil partition in pre-treatedpotato slices during frying and cooling, *Food Science Engineering,* 81,257-265.

[22] Garcia, M.A, Ferrero, C, Bertola, N, Martino, M, Zaritzky, N. 2002. Edible coatingsfrom cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products, *Innovative Food Science Emerging Technology,*3,391-397.

[23] Khalil, A, H, 1999, Quality of French fried potatoes as influenced by coating with hydrocolloids, Food Chemistry, 66, 201–206.

[24] Mestdagh, F, De Wilde, T, Fraselle, S, Govaert , Y, Ooghe, W, Degroodt, J, Verhé, R, Peteghem, C, Meulenaer, B, 2008, Optimization of the Blanching Process to Reduce Acrylamide in Fried Potatoes. *Food Sci ence and Technology*, 41,1648-1654.

[25]DaSilva, P, F, Moreira, R,G,2008, Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. *Food Science and Technology*, 41, 1758-1767.

[26]Walde, S,G, Velu, V, Jyothirmayi, T, Math, R,G, 2006, Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of mushroom, *Food Engineering*,74, 108-115.

[27]Ali, H, S, Abdel-Razek, A,G, Kamil, M, 2012, Effect of pre-frying treatment of French fried potatoes to achieve better oil uptake reduction for health and technological aspects, *Applied Science Research,* 8, 5018-5024.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-24]

Effect of Blanching under Vacuum and Coating on Quality Characteristics and Acrylamide Content in Fried Potato Strips

Tabibiazar, M. [1], Roufegari-nejad, L. [2*], Alizadeh, A.[2]

1. Assistant Professor in Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition and Food Science, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
2. Assistant Professor, Department of Food Sciences, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

(Received: 2017/02/25 Accepted:2017/06/07)

In this study the effect of vacuum and calcium chloride in blanching and coating with carboxymethyl cellulose on oil uptake and acrylamide reduction were investigated using completely randomized design. For this purpose, strips of potato (*Agria*) with a cross-section 0.5×0.5×6 cm were prepared and deep-fried after blanching in water or calcium chloride (0.5%) with or without vacuum application and coated in carboxymethyl cellulose (0.5%). Moisture, oil and acrylamide content, color and organoleptic characteristics of strips were determined and compared with control. The results showed that the minimum of oil uptake was related to coatedstrips which blanched in calcium chloride at atmospheric pressure. Despite the lack of vacuum effect on oil absorption, moisture and acrylamide contenthad significantly influenced with vacuum ($p<0.01$), so coated and blanched strips in calcium chloride under vacuum, had the lowest acrylamide with 75% reduction in comparison to control. Coating and use of calcium chloride and vacuum in blanching, significantly improve the color indices ($p<0.01$). The findings also showed that coating and blanching in the presence of calcium chloride and vacuum, resulted in significant improve in the texture and crispiness, color and overall acceptability of strips.

Keywords: Acrylamide, Blanching, Carboxymethyl cellulose, Frying , Potato, Vacuum

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-24]

*Corresponding Author E-Mail Address: l.roufegari@iaut.ac.ir