

تأثیر آنزیم بری، پیش خشک کردن و شرایط سرخ کردن بر روی خصوصیات کیفی خلال سیب زمینی سرخ شده

حامد بیکی^{۱*} و ناصر همدمی^۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۲۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه صنعتی اصفهان

^۲ دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه صنعتی اصفهان

* مسئول مکاتبه: Email: h.beyki@ag.iut.ac.ir

چکیده

تأثیر آنزیم بری، پیش خشک کردن و شرایط سرخ کردن بر روی خصوصیات کیفی خلال سیب زمینی سرخ شده مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور خلال‌هایی با ابعاد $0.8 \times 0.8 \times 8$ سانتی متر تهیه و پس از اعمال هر پیش تیمار به صورت غوطه‌وری در روغن داغ سرخ شدند. پیش تیمارها شامل: (۱) خلال‌های شاهد (سیب زمینی خام)، (۲) خلال‌های آنزیم بری شده در آب داغ با دمای 70°C به مدت ۱۰ دقیقه، (۳) خلال‌های پیش خشک شده با جریان هوای گرم با سرعت 1 m/s و دمای 70°C تا رسیدن به محتوای رطوبت ۷۵٪ بر اساس وزن مرطوب و (۴) خلال‌های آنزیم بری و پیش خشک شده بود و سرخ کردن در قالب سه تیمار: (۱) 160°C به مدت ۵ دقیقه، (۲) 175°C به مدت ۴ دقیقه و (۳) 190°C به مدت ۳ دقیقه صورت گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که کمترین محتوای روغن در کلیه تیمارهای سرخ کردن مربوط به خلال‌های آنزیم بری و پیش خشک شده بود. خلال‌های آنزیم بری شده همچنین دارای کمترین محتوای قند احیاء و بنابراین کمترین محتوای آکریل آمید بودند. تیمارهای آنزیم بری و پیش خشک کردن بطور معنی‌دار ($P < 0.01$) سبب بهبود بعدهای رنگ سنجی شدند و خلال‌های آنزیم بری و پیش خشک شده در کلیه تیمارهای سرخ کردن خصوصیات بافتی مطلوب‌تری را نشان دادند. افزایش دمای سرخ کردن به طور معنی‌دار ($P < 0.01$) سبب افزایش جذب روغن و تشدید تولید آکریل آمید در محصول نهایی گردید.

واژگان کلیدی: آنزیم بری، پیش خشک کردن، سرخ کردن، آکریل آمید، قند احیاء، رنگ، بافت

مقدمه

(کورزو و رامیرز ۲۰۰۵). مصرف انسانی سیب زمینی عمدتاً به صورت پخته یا سرخ شده است. تیمار حرارتی سیب زمینی (آنزیم بری، پیش خشک کردن و سرخ کردن) سبب ایجاد تغییراتی در طعم، بافت و سایر

سیب زمینی دارای مقدار پروتئین پائین (۲٪/۱) و مقدار زیادی کربوهیدرات (۱۷/۱ گرم در ۱۰۰ گرم) است که بعنوان یک منبع اصلی تامین انرژی مردم بشمار می رود

میلارد و تولید آکریل آمید در محصول می‌باشد (استادلر و همکاران ۲۰۰۲). آکریل آمید عمدتاً از سوبستراهای آسپارژین و قندهای احیاء کننده تشکیل می‌شود و سرطان‌زایی آن در موش به اثبات رسیده است. سطح سوبستراهای مذکور را می‌توان از طریق آنزیم بری در آب داغ کاهش داد (پدرسچی و همکاران ۲۰۰۴). گزارش شده است که کاهش قندهای احیاء کننده از طریق آنزیم بری بسته به واریته سیب زمینی و متغیرهای فرایند می‌تواند سطح آکریل آمید در محصول نهایی را تا حدود ۶۰٪ کاهش دهد (هاسه و همکاران ۲۰۰۳). نتایج گزارش شده توسط برخی از محققین نشان می‌دهد که برای به حداقل رساندن تشکیل آکریل آمید در خلال سرخ شده، آنزیم بری در دمای بالا (حدود 70°C – 80°C) به مدت کوتاه (حدود ۱۰ دقیقه) مؤثرتر می‌باشد (مستاق و همکاران ۲۰۰۸). با توجه به موارد مذکور، آنزیم بری، پیش خشک کردن و سرخ کردن از جمله عملیات مؤثر بر کیفیت محصول نهایی همانند میزان آکریل آمید و بافت می‌باشند. لذا در این تحقیق سعی شده است به بررسی تأثیر فرایندهای مذکور بر کیفیت خلال سیب زمینی پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

تهیه و نگهداری سیب زمینی

سیب زمینی با رقم آگریا (۲۳٪ ماده خشک) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم از منطقه فریدن اصفهان و روغن گیاهی مخصوص سرخ کردنی بهار شامل مخلوطی از روغن آفتاب‌گردان، سویا و تخم پنبه از کارخانه خریداری و در سردخانه دانشکده کشاورزی در دمای 4°C و رطوبت نسبی ۹۰٪ نگهداری شدند (سیب زمینی‌ها قبل از مصرف به مدت ۲ هفته در دمای 20°C قرار داده شدند). سیب زمینی‌ها پس از شستشو و پوست گیری توسط دستگاه خلال‌کن (Halldeh، مدل RG-۱۰۰، ساخت سوئد) به صورت خلال‌هایی با ابعاد $8 \times 8 \times 8$ سانتی‌متر برش داده شدند.

خصوصیات کیفی آن می‌شود (آگلبور و اسکانون ۱۹۹۸). آنزیم‌بری بطور گسترده در صنعت فراوری سیب زمینی به منظور هواگیری از بافت، کاهش قندهای احیاءکننده جهت کنترل واکنش میلارد طی سرخ کردن و غیرفعال کردن آنزیم‌ها در محدوده دمایی 60°C – 85°C به مدت ۲۰–۴۰ دقیقه انجام می‌شود (گزالز و همکاران ۲۰۰۴ و ورلیندن و همکاران ۲۰۰۰). تیمار خشک کردن یا پیش خشک کردن سطحی در صنعت تولید خلال سیب زمینی سرخ‌شده جهت کاهش جذب روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد (کروکیدا و همکاران ۲۰۰۱). سرخ کردن یک روش معمول و گسترده پخت است که سبب ایجاد طعم و بافت منحصر به فرد در مواد غذایی می‌شود. سرخ کردن سبب تشکیل یک لایه بیرونی ترد و روغنی (پوسته) و بخش درونی آردی (هسته) در ماده غذایی می‌شود. طی سرخ کردن رطوبت موجود در ماده غذایی تبخیر شده و به شکل حباب‌هایی از سطح محصول آزاد می‌گردد و در نتیجه خلأ ایجاد شده در اثر خروج رطوبت از بافت در پایان سرخ کردن روغن به درون محصول (عمدتاً ناحیه پوسته) مکیده می‌شود (میشائیل و آگیلرا ۲۰۰۶). چندین فاکتور بر میزان روغن باقیمانده در محصولات سرخ شده تأثیر دارند. اثر دمای سرخ کردن بر جذب روغن هنوز کاملاً مشخص نیست. برخی محققان بیان نموده‌اند که سرخ کردن در دمای بالا به علت کاهش مدت زمان لازم جهت سرخ کردن منجر به تشکیل پوسته‌ای با تخلخل پایین و ویژگی ممانعتی بالا در برابر روغن گشته و در نهایت جذب روغن را کاهش می‌دهد (بومن و اسپر ۱۹۹۵ و فن و آرسی ۱۹۸۶). در حالیکه کروکیدا (۲۰۰۰) گزارش کرده است که افزایش دمای روغن بطور معنی دار سبب افزایش جذب روغن در خلال سیب‌زمینی می‌گردد. رنگ محصولات سرخ شده سیب زمینی پارامتر مهمی است که بایستی همراه با تردی، محتوای روغن و سطح آکریل آمید محصول طی فرایند کنترل گردد (پدرسچی و همکاران ۲۰۰۵). تشکیل رنگ در سیب زمینی سرخ شده ناشی از انجام واکنش

حداکثر استرس ایجاد شده در اثر نفوذ پروب در بافت و استرس مغز عبارتست از مقدار استرس، زمانی که پروب به مرکز خلال (در فاصله ۴ میلی‌متری از سطح خلال) می‌رسد (استرس = نیرو تقسیم بر سطح مقطع پروب). شاخص ارزیابی بافت در مورد خلال‌های شاهد و آنزیم بری شده، حداکثر استرس ایجاد شده در اثر سوراخ کردن بافت بود.

اندازه‌گیری قندهای احیاء کننده

اندازه‌گیری قندهای احیاءکننده به روش اسپکتروفتومتری با محلول ۳ و ۵-دی‌نیترو سالیسیلیک اسید در طول موج ۵۷۵ نانومتر (روش مایلر) انجام شد (مایلر ۱۹۵۹).

ارزیابی رنگ

اندازه‌گیری رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ سنج RGB (مدل 1002، ساخت تایوان) صورت گرفت. داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار easyRGB به سیستم CIE بصورت پارامترهای L^* ، a^* و b^* تبدیل شدند.

اندازه‌گیری میزان آکريل آمید

اندازه‌گیری آکريل آمید مطابق با روش زنگ و همکاران (۲۰۱۰) در هشت مرحله بترتیب شامل: حذف روغن از سطح خلال‌ها در حلال هگزان، التراسونیک در حمام آب بدون یون، فیلتراسیون، مشتق‌سازی، استخراج، تغلیظ، سانتریفوژ در ۱۴۰۰۰ rpm (Sigma) و تزریق فاز رویی محلول نهایی به دستگاه کروماتوگرافی گازی (Agilent، مدل 6890N، ساخت آمریکا، مشخصات ستون: ۳۰ متر طول، ۰/۲۵ میلیمتر قطر و ۰/۲۵ میکرومتر ضخامت، دمای ستون: ۲۳۰°C، گاز حامل: گاز هلیوم با جریان حجمی ۲ میلی‌لیتر در دقیقه، حجم تزریق نمونه: ۲ میکرولیتر) صورت گرفت.

روش تجزیه آماری

کلیه آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel

آماده‌سازی نمونه‌های خلال سیب زمینی سرخ شده

خلال‌های سیب زمینی خام (شاهد) بلافاصله پس از برش به منظور حذف نشاسته سطحی به مدت ۱ دقیقه با آب مقطر شستشو شده و سپس آنزیم‌بری خلال‌ها (پیش تیمار ۲) در آب مقطر داغ (با نسبت وزنی سیب زمینی به آب ۱ به ۲۰) با دمای ۷۰°C به مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفت (مستاق و همکاران ۲۰۰۸). خلال‌های آنزیم‌بری شده در مرحله بعد وارد خشک‌کن قفسه‌ای شده و با جریان هوای گرم ۷۰/۵°C و سرعت ۱ m/s تا رسیدن به رطوبت ۷۵٪ براساس وزن مرطوب (پیش تیمار ۳) پیش خشک شدند (کروکیدا و همکاران ۲۰۰۱). در نهایت هر کدام از پیش تیمارها بصورت مجزا در روغن داغ با نسبت سیب زمینی به روغن ۱ به ۵۰ (وزنی/وزنی) در دماهای ۱۶۰، ۱۷۵ و ۱۹۰°C به ترتیب به مدت ۳، ۴ و ۵ دقیقه (محدوده دمایی تجاری سرخ کردن) در سرخ‌کن الکتریکی (Moulinex Deep Fryer، مدل AF-1001، ساخت فرانسه) سرخ شدند (میشائیل و آگیلا ۲۰۰۶).

اندازه‌گیری میزان رطوبت

برای اندازه‌گیری رطوبت، ۳-۵ گرم نمونه کاملاً خرد و همگن شده به مدت ۲۴ ساعت در آون خلأ تحت فشار ۱۰۰ میلی‌متر جیوه و دمای ۷۰°C خشک گردید (AOAC).

تعیین محتوای روغن جذب شده (باقیمانده)

اندازه‌گیری محتوای روغن خلال‌ها یا استفاده از روش سوکسله بر مبنای استخراج با حلال پترولیوم اتر به مدت ۱۰ ساعت انجام شد (AOCS).

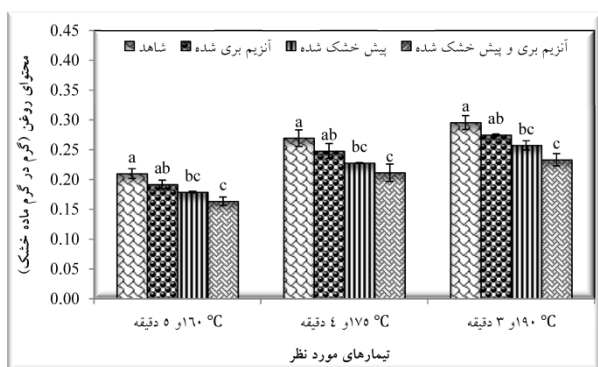
ارزیابی بافت

ارزیابی بافت خلال‌ها در دمای اتاق و با استفاده از آزمون نفوذسنجی با پروب ۲ میلی‌متری، سرعت نفوذ ۱۲۰ میلی‌متر بر دقیقه و لودسل ۵۰ کیلوگرم در دستگاه کشش و فشار (STM، مدل STM-20، ساخت ایران) انجام شد. پارامترهای مورد بررسی شامل استرس مغز و استرس پوسته بودند. استرس پوسته عبارتست از

در ارتباط با آسیب دیدن و تضعیف دیواره‌های سلولی در اثر آنزیم بری و پیش خشک کردن و در نتیجه تسهیل خروج رطوبت از خلال‌ها طی سرخ کردن دانست (کروکی‌دا و همکاران ۲۰۰۱ و ریچتر و همکاران ۲۰۰۷).

جذب روغن

محتوای روغن خلال‌های مربوط به تیمارهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس شکل مذکور خلال‌های آنزیم بری و پیش خشک شده، در همه تیمارهای سرخ کردن کمترین محتوای روغن را نشان دادند. مطابق با نتایج، آنزیم بری و پیش خشک کردن سبب کاهش میانگین جذب روغن به ترتیب به میزان ۷/۷۹٪ (غیر معنی‌دار $P < 0.01$) و ۱۴/۳۶٪ (معنی‌دار $P < 0.01$) نسبت به نمونه شاهد شدند و انجام توأم فرایندهای مذکور، میانگین جذب روغن را به میزان ۲۱/۵۶٪ (معنی‌دار $P < 0.01$) نسبت به نمونه شاهد کاهش داد.



شکل ۲- محتوای روغن خلال‌های سیب زمینی پیش تیمار شده پس از سرخ کردن در شرایط متفاوت

(حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است)

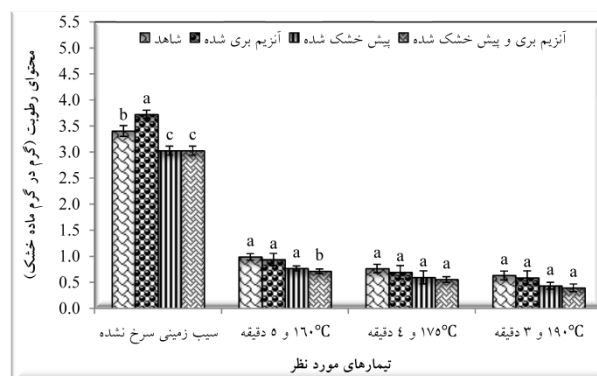
آنزیم بری سبب ژلاتینه شدن نشاسته سطحی و پر شدن منافذ درون سلولی ناشی از انبساط سلولی و صاف شدن سطح خلال‌های سیب زمینی می‌شود که این امر به عنوان سدی در برابر نفوذ روغن به درون محصول عمل کرده و سبب کاهش جذب روغن در محصول نهایی می‌-

صورت گرفت. آزمون مقایسه میانگین داده‌ها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و آزمون اثر متقابل تیمارها به روش LS means در سطح اطمینان ۹۹٪ ($P < 0.01$) انجام گرفت.

نتایج و بحث

محتوای رطوبت

محتوای رطوبت خلال‌های سیب زمینی مربوط به تیمارهای مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به شکل مذکور، آنزیم بری سبب افزایش معنی‌دار ($P < 0.01$) محتوای رطوبت خلال‌ها شده است که این امر در نتیجه دیفوزیون همزمان ماده خشک از خلال‌ها به آب آنزیم بری و رطوبت به داخل خلال‌های سیب زمینی بوده است.



شکل ۱- محتوای رطوبت خلال‌های سیب زمینی پیش تیمار شده پس از سرخ کردن در شرایط متفاوت

(حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است)

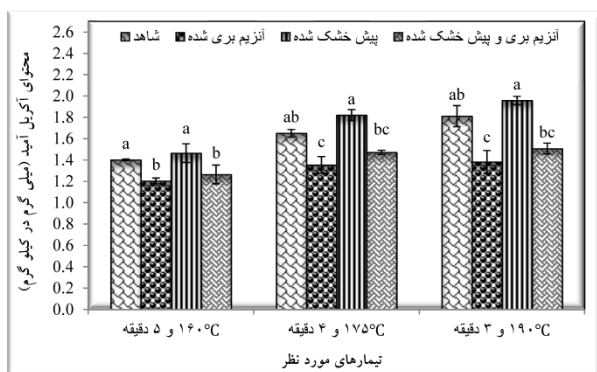
تأثیر شرایط سرخ کردن بر محتوای رطوبت خلال‌ها معنی‌دار بود و با افزایش دمای سرخ کردن محتوای رطوبت به صورت معنی‌دار ($P < 0.01$) و $LSD = 0.1313$ کاهش یافت که بیشترین کاهش در دمای ۱۹۰°C اتفاق افتاد. خلال‌های پیش تیمار شده، در هر سه تیمار سرخ کردن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ($P < 0.01$) از نظر محتوای رطوبت نشان ندادند که علت این امر را می‌توان

های آنزیم بری شده است (شکل ۳) و تأثیر دمای سرخ کردن بر محتوای قند احیاء معنی‌دار ($P < 0.01$) و $LSD = 0.0857$ است. علت کاهش قندهای احیاء طی سرخ کردن می‌تواند مربوط به مصرف آن‌ها در واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی و تشکیل آکریل آمید باشد. از آنجا که واکنش مذکور با افزایش دما تسریع می‌گردد بنابراین افزایش دما سبب کاهش محتوای قند احیاء خلال‌ها شده است. محتوای آکریل آمید نیز تأیید کننده مطالب مذکور می‌باشد که در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳- محتوای قند احیاء خلال‌های سیب زمینی پیش تیمار شده پس از سرخ کردن در شرایط متفاوت

(حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است)



شکل ۴- محتوای آکریل آمید خلال‌های سیب زمینی پیش تیمار شده پس از سرخ کردن در شرایط متفاوت

(حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است)

گرد (میشائیل و آگیلا ۲۰۰۶). از سوی دیگر پیش خشک کردن خلال‌ها قبل از سرخ کردن سبب کاهش رطوبت محصول شده و از آنجا که طی سرخ کردن، روغن جایگزین آب تبخیر شده از محصول می‌شود بنابراین پیش خشک کردن سبب کاهش جذب روغن در محصول نهایی می‌شود (کروکیدا و همکاران ۲۰۰۱ و لامبرگ و هالستروم ۱۹۹۰). در تضاد با نتایج بدست آمده در این تحقیق، گزارش شده است که آنزیم بری (85°C و $3/5$ دقیقه- شرایط دمای بالا و زمان کوتاه) ورقه‌های سیب زمینی سبب افزایش جذب روغن در محصول نهایی شده است (پدرسچی و مویانو ۲۰۰۵). این اختلاف می‌تواند در ارتباط با شرایط متفاوت آنزیم بری باشد. در مطالعه دیگری همسو با نتایج این تحقیق گزارش شده است که آنزیم بری در محدوده دمایی $60-70^{\circ}\text{C}$ سبب فعال شدن آنزیم پکتین متیل استراز شده و فعالیت این آنزیم سبب کاهش تخلخل و بنابراین کاهش جذب روغن در محصول می‌گردد (آگیلا و همکاران ۱۹۹۷). مطابق با شکل ۲ همچنین اثر دمای سرخ کردن بر محتوای روغن خلال‌ها معنی‌دار ($P < 0.01$) و $LSD = 0.131$ است و با افزایش دمای سرخ کردن، رطوبت بیشتری از محصول خارج شده و با افزایش تخلخل، محتوای نهایی روغن افزایش می‌یابد.

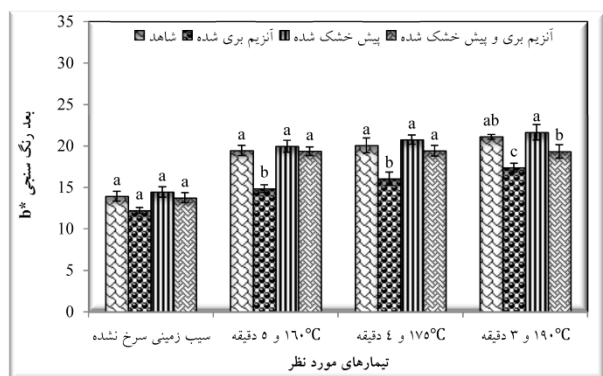
محتوای قندهای احیاء کننده و آکریل آمید

محتوای قند احیاء خلال‌های مربوط به تیمارهای مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. مطابق با شکل مذکور، آنزیم بری بطور معنی‌دار ($P < 0.01$) سبب کاهش محتوای قند احیاء خلال‌ها شده است و $20/51\%$ از محتوای اولیه قندهای احیاء خلال‌ها وارد آب آنزیم بری شده است اما تأثیر پیش خشک کردن بر محتوای قند احیاء خلال‌ها معنی‌دار ($P < 0.01$) نیست.

طی آنزیم بری در نتیجه دیفوزیون، قندهای احیاء کننده از خلال‌ها به درون آب آنزیم بری وارد می‌شوند (پدرسچی و همکاران ۲۰۰۹). در کلیه تیمارهای سرخ کردن، پایین‌ترین سطح قندهای احیاء مربوط به نمونه

(حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است)

مطابق با شکل‌های ۵ و ۶، آنزیم بری و پیش خشک کردن بترتیب سبب کاهش و افزایش جزئی بعدهای رنگ سنجی a^* (قرمزی) و b^* (زردی) شده‌اند که این تأثیر معنی‌دار ($P < 0.01$) نبوده و می‌تواند در ارتباط با تغییر رطوبت خلال‌ها و ژلاتینه شدن نشاسته سطحی باشد.



شکل ۶- بعد رنگ سنجی b^* خلال‌های سیب زمینی پیش

تیمار شده پس از سرخ کردن در شرایط متفاوت

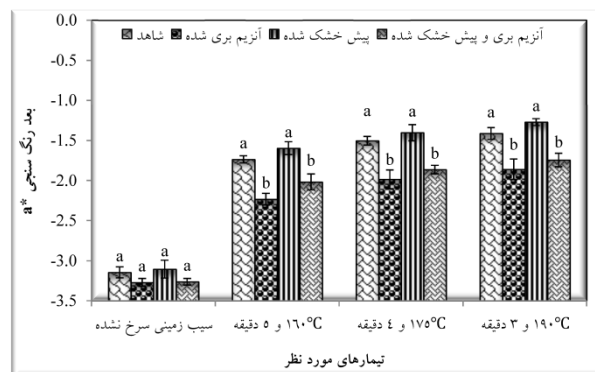
(حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است)

همانطور که در بخش قبل ذکر شد طی سرخ کردن در اثر واکنش میلارد بین قندهای احیاء کننده و آسپارژین، در محصول آکریل امید تولید شده و همگام با تشکیل آکریل امید رنگدانه‌های ملانوئیدینی میلارد (زرد، قرمز تا قهوه-ای بسته به شرایط سرخ کردن) نیز تشکیل می‌شوند. با توجه به شکل ۵ و ۶ فرایند سرخ کردن سبب افزایش معنی‌دار ($P < 0.01$) بعدهای رنگ سنجی a^* و b^* شده است و از سوی دیگر افزایش دمای سرخ کردن نیز بطور معنی‌دار ($P < 0.01$) $LSDa^* = 0.118$ و $LSDb^* = 0.9381$ افزایش این بعدهای رنگی را تشدید کرده است. پدیده‌های ذکر شده در ارتباط با شکل‌گیری محتوای رطوبت محصول و در نتیجه تشدید واکنش

سطح آکریل امید در نمونه‌های آنزیم بری شده بطور معنی‌دار ($P < 0.01$) پایین‌تر از سایر پیش تیمارها می‌باشد که این امر ناشی از کاهش غلظت سوبستراهای اولیه (قندهای احیاء کننده و آسپارژین) آن طی آنزیم بری است (شکل ۴). افزایش دمای سرخ کردن بطور معنی‌دار ($P < 0.01$) $LSD = 0.0829$ سبب افزایش تولید آکریل امید در محصول شده است که علت این امر می‌تواند به کاهش رطوبت محصول در نتیجه افزایش دما و مناسب شدن شرایط برای واکنش میلارد مربوط باشد. سطح بالای آکریل امید در نمونه‌های پیش خشک شده نیز در ارتباط با غلظت بالای قندهای احیاء کننده در نمونه اولیه و همچنین محتوای رطوبتی پایین‌تر می‌باشد. در مطالعه‌ای گزارش شده است که تشکیل آکریل امید در سیب زمینی با افزایش دمای سرخ‌کن افزایش یافته و طی فرایند سرخ کردن، تشکیل آکریل امید بصورت نمایی افزایش می‌یابد. در این بررسی دمای پایین سرخ کردن (حداکثر ۱۷۰ تا ۱۷۵°C) پیشنهاد شده است (وینسی و همکاران ۲۰۱۲). در تحقیق دیگری نیز گزارش شده است که تشکیل آکریل امید با افزایش دما شدت می‌یابد و علت این امر، دهیدراته شدن محصول طی سرخ کردن و مناسب شدن شرایط رطوبتی جهت انجام واکنش میلارد عنوان شده است (گوکمن و پالازوگلو ۲۰۰۸).

بعدهای رنگ سنجی

بعدهای رنگ سنجی a^* ، b^* و L^* مربوط به تیمارهای مختلف بترتیب در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده‌اند.



شکل ۵- بعد رنگ سنجی a^* خلال‌های سیب زمینی پیش

تیمار شده پس از سرخ کردن در شرایط متفاوت

پیدایش بافت آردی است (میشائیل و آگیلرا ۲۰۰۶). افزایش دمای سرخ کردن بطور معنی دار ($P < 0.01$) و $LSD^* = 2/0.9$ سبب کاهش روشنایی خلال‌ها شد. در کلیه تیمارهای سرخ کردن، بیشترین و کمترین شدت روشنایی بترتیب مربوط به نمونه‌های آنزیم بری و پیش خشک شده و پیش خشک شده بود که همانند بعدهای a^* و b^* در ارتباط با محتوای قند حیا و واکنش میلارد می‌باشد. گزارش شده است که در ابتدای سرخ کردن (تا حدود ۵ دقیقه) شدت روشنایی خلال سیب زمینی افزایش یافته و سپس تقریباً ثابت می‌ماند و افزایش دمای روغن بر روشنایی خلال سیب زمینی اثر منفی داشته و سبب تیره شدن آن می‌گردد (کروکیدا و همکاران ۲۰۰۱).

بافت

شکل‌های ۸ و ۹ بترتیب میزان حداکثر استرس (استرس پوسته) ایجاد شده در اثر نفوذ پروب به خلال‌های مربوط به تیمارهای مختلف و استرس در ناحیه مغز را نشان می‌دهند.



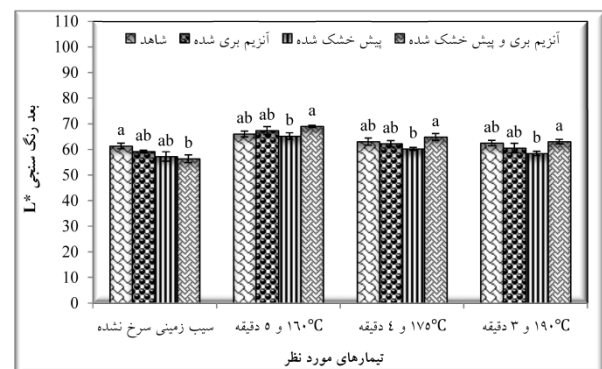
شکل ۸- حداکثر استرس خلال‌های سیب زمینی پیش تیمار

شده پس از سرخ کردن در شرایط متفاوت

(حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال

۱٪ است)

میلارد و تولید رنگدانه‌های بیشتر در محصول هستند. تغییرات این بعدهای رنگ سنجی با تغییرات محتوای قند احیاء و آکریل امید منطبق بوده و نشان داد که در اثر سرخ کردن، در نتیجه مصرف قندهای احیاء کننده و انجام واکنش میلارد در محصول آکریل امید و ملانوئیدین‌ها تولید می‌شوند که سبب افزایش بعدهای رنگی مذکور می‌شوند. نمونه‌های آنزیم بری شده در بین سایر پیش تیمارها، پایین‌ترین سطوح a^* و b^* را نشان دادند که این امر نیز در ارتباط با تأثیر آنزیم بری بر کاهش قندهای احیاء و آسپارژین قبل از سرخ کردن می‌باشد. مشابه با نتایج بدست آمده در این تحقیق، گزارش شده است که افزایش دمای سرخ کردن سبب افزایش تشکیل آکریل امید در چیپس و تیره شدن و قرمزتر شدن رنگ آن می‌گردد (وینسی و همکاران ۲۰۱۲). نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد که آنزیم بری و پیش خشک کردن به علت ژلاتینه شدن نشاسته سطحی سبب کاهش جزئی شدت روشنایی (L^*) خلال سیب زمینی می‌شود (شکل ۷).



شکل ۷- بعد رنگ سنجی L^* خلال‌های سیب زمینی پیش

تیمار شده پس از سرخ کردن در شرایط متفاوت

(حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال

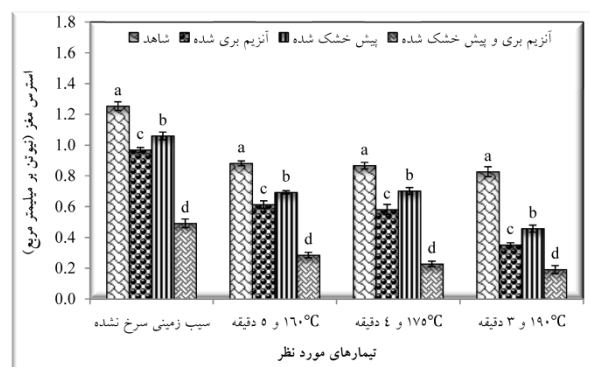
۱٪ است)

سرخ کردن از سوی دیگر سبب افزایش روشنایی خلال‌ها گردید که این امر در ارتباط با ژلاتینه شدن نشاسته، تجزیه شدن لایه لاملای میانی، تفکیک شدن سلول‌ها و

کردن، سفتی بافت پوسته پس از ۳ دقیقه سرخ کردن در دمای 190°C بطور معنی‌دار ($P < 0.01$) بیشتر از ۵ دقیقه سرخ کردن در دمای 160°C می‌باشد، از سوی دیگر سفتی بافت مغز پس از ۵ دقیقه سرخ کردن در دمای 160°C به‌طور معنی‌دار ($P < 0.01$) بیشتر از ۳ دقیقه سرخ کردن در دمای 190°C است. بنابراین در شرایط سرخ کردن در دمای بالا و زمان کوتاه پوسته‌ای سفت‌تر اما مغزی نرم‌تر تشکیل می‌گردد. گزارش شده است که طی سرخ کردن خلال‌های سیب زمینی ابتدا فرایند نرم شدن بافت و تشکیل پوسته اتفاق می‌افتد (تا حدود ۵ دقیقه) و در مرحله بعد پوسته توسعه یافته و روند سفت شدن بافت مشاهده می‌شود و پدیده‌های مذکور با افزایش دمای سرخ کردن شدت می‌یابند (پدرسچی و همکاران ۲۰۰۷).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه تأثیر آنزیم‌بری، پیش خشک کردن و شرایط سرخ کردن بر خصوصیات کیفی خلال سیب زمینی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که ۱) آنزیم‌بری بطور معنی‌دار ($P < 0.01$) سبب کاهش محتوای قندهای احیاء و در نتیجه کاهش معنی‌دار آکریل آمید در محصول نهایی می‌شود، ۲) پیش خشک کردن سبب تشکیل پوسته اولیه در سطح خلال سیب زمینی می‌شود که تمایل به ممانعت از جذب روغن در محصول نهایی دارد، ۳) افزایش دمای سرخ کردن بطور معنی‌دار ($P < 0.01$) سبب افزایش جذب روغن و تغییر بعدهای رنگ سنجی می‌شود، ۴) با انجام فرایند سرخ کردن به مدت ۵ دقیقه در دمای 160°C می‌توان به محصولی سالم‌تر و با محتوای آکریل آمید پایین‌تر، روشن‌تر و دارای خصوصیات بافتی مطلوب‌تر دست یافت.



شکل ۹- استرس مغز خلال‌های سیب زمینی پیش تیمار شده پس از سرخ کردن در شرایط متفاوت

مطابق شکل ۸، تأثیر فرایند آنزیم‌بری بر بافت خلال سیب زمینی معنی‌دار ($P < 0.01$) است و سبب نرم شدن ابتدایی بافت شده است که این پدیده در ارتباط با خروج ماده خشک از بافت خلال و ژلاتینه شدن نشاسته است و سبب کاهش شکستگی و پوسته شدن خلال‌ها طی سرخ کردن می‌شود. از سوی دیگر پیش خشک کردن به سبب ژلاتینه شدن نشاسته سطحی و تضعیف دیواره‌های سلولی و گرانول‌های نشاسته سبب کاهش معنی‌دار ($P < 0.01$) حداکثر استرس و در نتیجه نرم شدن بافت شده است. پیش خشک کردن همچنین سبب شکل‌گیری یک پوسته اولیه در سطح خلال‌ها شده است که سبب کاهش جذب روغن طی سرخ کردن می‌شود (مقایسه شکل‌های ۸ و ۹). لازم به ذکر است که تشکیل پوسته مذکور در اثر حرکت مواد جامد محلول همراه با رطوبت از داخل به سطح خلال‌ها و تجمع ترکیبات مذکور در سطح خلال‌ها است. شکل‌گیری پوسته در طی سرخ کردن در نتیجه تغییرات بافت اولیه سیب زمینی پس از قرارگیری در معرض روغن داغ، شامل نرم شدن لایه لاملای بین سلول‌ها، ژلاتینه شدن نشاسته درون سلول‌ها و آب زدایی می‌باشد (پدرسچی و همکاران ۲۰۰۱). افزایش دمای سرخ کردن بطور معنی‌دار ($P < 0.01$) سبب نرم شدن بافت خلال‌های سیب زمینی مربوط به کلیه پیش تیمارها شده است که نتیجه این امر پیدایش بافتی نرم و آردی در ناحیه مغز است. در کلیه تیمارهای سرخ

منابع مورد استفاده

- Agblor A and Scanlon M G, 1998. Effects of blanching conditions on the mechanical properties of fresh fry strips. *American Journal of Potato Research* 75: 245–255.
- Aguilar C N, Anzaloa-Morales R, Talamas R and Gastélum G, 1997. Lowtemperature blanch improves textural quality of French-fries. *Journal of Food Science* 62: 568–571.
- AOAC, 1984. Association Official Analytical Chemists. The official methods of analysis. Method 28.074. Arlington, VA: AOAC.
- AOCS, 1993. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society (4th ed). Washington DC: The American Oil Chemists Society.
- Baumann B and Escher F, 1995. Mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices. I, Rate of drying and oil uptake. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology* 28: 395–403.
- Corzo O and Ramirez O A, 2005. Prediction of the firmness for precooked potato strips at different conditions of temperature and cooking time. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology* 38: 529–535.
- Fan L L and Arce J A, 1986. Preparation of fried food products with oil containing emulsifiers, US Patent 4 608 264. Data issued 26 August.
- Gokmen V and Palazoglu T K, 2008. Acrylamide Formation in Foods during Thermal Processing with a Focus on Frying. *Food Bioprocess Technology* 1: 35–42.
- Gonzalez-Martinez G, Ahrné L, Gekas V and Sjöholm I, 2004. Analysis of temperature distribution in potato tissue and its effect on the absolute residual pectin methylesterase activity. *Journal of Food Engineering* 65: 433–441.
- Haase N U, Matthaus B, Vosmann K, 2003. Minimierungsansätze zur acrylamidbildung in pflanzlichen lebensmitteln-aufgezeigt am beispiel von kartoffelchips. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 99: 87–90.
- Krokida M K, Oreopolou V, Maroulis Z B and Marinos-Kouris D, 2001. Effect of pre-drying on quality of french fries. *Journal of Food Engineering* 49: 347–354.
- Krokida M K, Oreopolou V, Maroulis Z B and Marinos-Kouris D, 2001. Colour changes during deep fat frying. *Journal Food Engineering* 49: 219–225.
- Krokida M K, Oreopoulou V and Maroulis Z B, 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering* 44: 39–46.
- Lamberg I and Hallstrom Olsson H, 1990. Fat uptake in a potato drying/frying process. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology* 23: 295–300.
- Mestdagh F, De Wilde T, Fraselle S, Govaert Y, Ooghe W, Degroodt J, Verhé R, Peteghem C and Meulenaer B, 2008. Optimization of the Blanching Process to Reduce Acrylamide in Fried Potatoes. *Food Science and Technology* 41: 1648–1654.
- Miller G, 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing Sugar. *Analytical Chemistry* 31: 426–428.
- Misael M L and Aguilera J M, 2006. Structure and Texture Properties of Fried Potato Products. *Food Review*, 22: 173–201.
- Pedeschi F and Moyano P, 2005. Oil uptake and texture development in fried potato slices. *Journal of Food Engineering* 70: 557–563.
- Pedeschi F, Aguilera J M and Pyle L, 2001. Textural characterization and kinetics of potato strips during frying. *Journal of Food Engineering and Physical Properties* 66: 314–318.
- Pedeschi F, Kaack K and Granby K, 2004. Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology* 37: 679–685.
- Pedeschi F, Moyano P, Kaak K and Granby K, 2005. Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. *Food Research International* 38: 1–9.
- Pedeschi F, Moyano P, Santis N and Pedreschi R, 2007. Physical properties of pre-treated potato chips. *Journal of Food Engineering* 79: 1474–1482.
- Pedeschi F, Travisany X, Troncoso C R E and Pedreschi R, 2009. Kinetics of extraction of reducing sugar during blanching of potato slices. *Journal of Food Engineering* 91: 443–447.
- Richter Reis F, Masson M and Waszezynskyj N, 2007. Influence of blanching pretreatment on color oil uptake and water activity of potato sticks and its optimization. *Journal of Food Process Engineering* 31: 833–852.

- Stadler R H, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy A, Robert P and Riediker M C, 2002. Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 419: 449–450.
- Verlinden B, Yuksel D, Baheri M, De Baerdemaeker J and Van Dijk C, 2000. Low temperature blanching effect on the changes in mechanical properties during subsequent cooking of three potato cultivars. *International Journal of Food Science and Technology* 35: 331–333.
- Vinci R M, Mestdagh F and Meulenaer B D, 2012. Acrylamide formation in fried potato products – Present and future, a critical review on mitigation strategies. *Food Chemistry* 133: 1138-1154.
- Zeng X, Cheng K W, Du Y, Kong R, Lo C and Chu I K, 2010. Activities of hydrocolloids as inhibitors of acrylamide formation in model systems and fried potato strips. *Food Chemistry* 121: 424–428.

The effect of blanching, pre-drying and frying conditions on quality of fried potato strip

H Beyki^{1*} and N Hamdami²

Received: November 6, 2014

Accepted: November 14, 2015

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

²Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

*Corresponding author: Email: h.beyki@ag.iut.ac.ir

Abstract

The effect of blanching, pre-drying and frying conditions on quality of fried potato strip was investigated. For this purpose, strips with a cross-section of 0.8×0.8×8 cm were prepared and immersed fried in hot oil after performing of each pre-treatment. Pre-treatments were included: 1) blank strips (raw potato), 2) blanched strips in hot water at 70°C for 10 minutes, 3) pre-dried strips at 70°C with air velocity of 1 m/s until mean moisture content of 75% (wet basis) and 4) blanch and pre-dried strips and frying was carried out in three treatments of: 1) at 160°C for 5 min, 2) at 175°C for 4 min and 3) at 190°C for 3 min. The results of investigates showed that the minimum of oil content was related to blanch and pre-dried strips in all frying treatments. Blanched strips also had the lowest reducing sugar content and therefore the lowest acrylamide content. Blanching and pre-drying treatment were improved the colorimetric parameters significantly ($P<0.01$) and blanch and dried strips were showed the more favorable texture properties in all treatments of frying. Increasing of frying temperature increased the oil uptake and intensified the generation of acrylamide in final product significantly ($P<0.01$).

Keywords: Blanching, Pre-drying, Frying, Acrylamide, Reducing sugar, Color, Texture