مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر پیش تیمار مایکروویو و شرایط سرخ‌کردن بر میزان تشکیل آکریل آمید و جذب روغن در قطعات هویج سرخ شده

معصومه آیت‌الله‌زاده شیرازی[۱]، سارا موحد[۲*]، علیرضا شهاب لواسانی[۳]، حسین احمدی چناربن[٤]، پیمان رجایی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم وصنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین – پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم وصنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین – پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

۳- استادیار، گروه علوم وصنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین – پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

٤- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین – پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹ /۰۸/۰۲

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۲۲

کلمات کلیدی:

مایکروویو،

آکریل آمید،

هویج،

سرخ‌کردن عمیق،

جذب روغن.

DOI: 10.52547/fsct.18.03.18

* مسئول مکاتبات:

movahhed@iauvaramin.ac.ir

چکیده

سرخ‌کردن عمیق یکی از متداول‌ترین عملیات مورد استفاده در فرآوری مواد غذایی می‌باشد. اما به کارگیری روش‌هایی برای کاهش جذب روغن و جلوگیری از تشکیل موادی سمی نظیر اکریل امید، ضمن حفظ ویژگیهای مطلوب، ضروری به نظر میرسد.در این راستا در این پژوهش تاثیر پیش تیمارمایکروویو در توان‌های ۲ و ۵W/g و در مدت زمانهای به ترتیب ۱۵ و ۱۰ دقیقه بر مقدار جذب روغن و میزان تشکیل اکریل امید در قطعات هویج سرخ شده در دو دمای ۱۵۰ و ۱۷۰°C و در مدت زمان‌های ۲ و ٤ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت.طبق نتایج، در تمام دماها، با افزایش زمان سرخ‌کردن، محتوی روغن و میزان تشکیل آکریل آمید در تمام نمونه‌ها افزایش یافت اما در زمان‌های سرخ‌کردن یکسان، نمونه‌های شاهد در مقایسه با نمونه‌های پیش تیمار شده از مقدار جذب روغن واکریل امید بیشتری برخوردار بودند. طبق بررسی‌های به عمل آمده،بیشترین میزان جذب روغن و بیشترین میزان آکریل آمید تشکیل‌شده به ترتیب در نمونه‌های سرخ‌شده در دمای ۱۵۰°C و در مدت زمان٤min (٪ ٦/۱۲) و در نمونه‌های سرخ‌شده در دمای ۱۷۰°C و در مدت زمان٤min (۱۸/٤۹ ppb) اندازه‌گیری شد. اما کمترین مقدار جذب روغن و تشکیل آکریل آمید در نمونه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو (توان ۵W/g و در مدت زمان۱۰min) و سرخ‌شده در دمای۱۷۰°C و در مدت زمان۲min و به ترتیب(٪ ۳/۷۸) و (٤/٦۷ ppb>) تعیین گردید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-05]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.213]

۱- مقدمه

هویج گیاهی دوساله، با نام علمی *Daucus carota* از خانواده *Umbelliferae* می‌باشد. اصلی‌ترین ترکیب هویج آب بوده که حدود ۹۰-۸۵ درصد آن را تشکیل می‌دهد. هویج حاوی قندهای ساده نظیر گلوکز، ساکاروز و فروکتوز و پلی ساکاریدهایی نظیر نشاسته، مواد پکتیکی و سلولز و نیز حاوی ویتامین‌ها و اسیدهای آلی می‌باشد. ساکاریدهای محلول در این محصول که مسئول طعم شیرین آن هستند بین ۸-۵درصد می‌باشند. همچنین اسیدهای آلی هویج شامل اسید مالیک و سیتریک، مسئول طعم و مزه هویج بوده و مقدار آن ۰/۲-۰/۱ درصد گزارش شده‌است. مزه اصلی هویج به دلیل حضور اسید گلوتامیک و نقش بافری اسیدهای آمینه آزاد آن است. مقادیر ناچیز از سوکسینیک اسید، الفاکتوگلوتاریک اسید، لاکتیک اسید نیز گزارش شده است. تیامین (۰/۰٤mg/100 g)، ریبوفلاوین(۰/۰۲mg/100 g)، نیاسین(۰/۲mg/100 g)، اسید فولیک و ویتامین C(mg/100 ٤g)نیز در ریشه هویج وجود دارند. همچنین میزان قندهای احیاء ۳/۳۵-۱/٦۷٪ و میزان قندهای غیر احیاء ٤/۵۳-۲/۷۱٪گزارش شده است.در میان ترکیباتی که از نظر زیستی فعال هستند می‌توان به کاروتنوئیدها اشاره نمود. این ترکیبات علاوه بر ارزش تغذیه‌ای، نقش آنتی اکسیدانی نیز دارند. هر ۱۰۰گرم هویج حاوی ٦-۱۵ میلی گرم کاروتنوئید است که سهم بیشتر آن را بتاکاروتن به مقدار ۲-۰ میلی گرم (٤۵-۷۰درصد کاروتنوئیدهای کل) تشکیل می‌دهد. بنابراین مصرف آن باعث افزایش دریافت ویتامین A می‌گردد. سایر کاروتنوئیدهای هویج شامل آلفاکاروتن درصد، گاما کاروتن ۲-۱ درصد، زتاکاروتن ۷-۲ درصد می‌باشند[۱]. سرخ‌کردن یک فرآیند پخت است که در آن از روغن، به عنوان محیط انتقال حرارت استفاده می‌شود.این فرآیند یک روش نگهداری مواد غذایی نیز محسوب می‌شود، زیرا در آن میکروارگانیسم‌ها از بین رفته، آنزیم‌ها غیرفعال شده و فعالیت آبی در سطح ماده غذایی کاهش می‌یابد. طی این عملیات واحد پیچیده، انتقال جرم و حرارت به‌طور هم‌زمان رخ می‌دهد به گونه‌ای که حرارت به‌روش همرفتی از روغن به سطح ماده غذایی و سپس به روش رسانش به درون آن منتقل می‌شود و هم‌زمان رطوبت از داخل ماده غذایی به خارج از آن انتقال می‌یابد. در این راستا عواملینظیر ویژگی‌های حرارتی و فیزیکوشیمیایی ماده غذایی و روغن، شکل هندسی ماده غذایی، درجه حرارت روغن و نیز نوع پیش تیمارهای قبل از فرآیند سرخ کردن بر انتقال جرم وگرما تأثیرگذار هستند[۲]. سرخ‌کردن مواد غذایی به دو روش متداول انجام می‌پذیرد که شامل سرخ‌کردن عمیق (فرآوری غذا به روش غوطه ور سازی آن در روغن زیاد) و سرخ‌کردن سطحی (فرآوری غذا در روغن کم عمق) می‌باشند. سرخ کردن عمیق، روشی است که بیش از بقیه روش‌ها مورد بررسی‌های فنی قرار گرفته زیرا به طورگسترده در صنعت کاربرد دارد.سرخ‌کردن عمیق به صورت غوطه‌ور کردن ماده غذایی در روغن خوراکی که در دمایی بالاتر از نقطه جوش آب، حرارت دیده باشد، تعریف می‌شود. در واقع سرخ کردن در روغن داغ ۱٦۰ تا ۱۸۰ درجه سیلسیوس نوعی خشک کردن سریع می‌باشد. این خشک شدن سریع، در بهبود خواص مکانیکی و ساختاری محصول نهایی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. شرایط مذکور منجر به انتقال حرارت با سرعت بالا، پخت سریع، قهوه‌ای شدن، بهبود بافت و عطر و طعم می‌شود. انتقال حرارت، رطوبت و چربی در داخل و اطراف ماده غذایی و تشکیل پوسته، پایه اساسی سرخ کردن عمیق می‌باشد. روغن نه تنها به عنوان محیط انتقال حرارت عمل می‌کند بلکه وارد ماده غذایی شدهویاخارجمی‌شود. وقتی ماده غذایی در روغن داغ قرار می‌گیرد به سرعت تا نقطه تبخیر آب، داغ می‌شود و بخار حاصل شده باعث جوشیدن روغن می‌شود. چنین جوششی باعث ورود بیشتر هوا به داخل روغن و در نتیجه منجر به تشکیل هیدروپراکسیدها که محصول اولیه اکسیداسیون روغن هستند می‌شود. از اینرو در حین سرخ کردن بسیاری از واکنش‌ها از جمله اکسیداسیون، پلیمریزاسیون، هیدرولیز و ایزومریزاسیون رخ می‌دهد که به نوبه خود منجر به تشکیل ترکیب پیچیده‌ای از محصولات فرار و غیر فرار می‌شود[۳]. محققین زیادی فرایند سرخ‌کردن عمیق را در محصولات مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند[٤، ۵ و ٦]. استفاده از پیش تیمار مایکروویو یکی از روش‌هایی است که می‌تواند قبل از سرخ‌کردن مورد توجه قرار گیرد. گستره امواج مایکروویو مابین امواج رادیویی و امواج فروسرخ می‌باشد. گرمایش مایکروویو به دلیل سازوکار خاص تولید و انتقال حرارت از کلیه روش‌های دیگر انتقال حرارت که شامل هدایت، جابجایی و تابش می‌باشد، متمایز است.امواج

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-05]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.213]

مایکروویو برخلاف امواج فروسرخ، حامل انرژی گرمایی نیستند اما در اثر برخورد با مواد در میدان الکترومغناطیسی، باعث تولید گرما در داخل ماده می‌شوند. برای تبدیل انرژی در این روش سازوکارهای مختلفی دخالت دارند که مهمترین آنها عبارت از هدایت یونی و برهم کنش دوقطبی می‌باشند. به طور کلی بسیاری از محلول‌های شیمیایی و اغلب مواد غذایی، حاوی آب و مقادیر متفاوتی از نمک های حل شده هستند. وقتی که این نمک ها حل می‌شوند، به دو ذره باردار مجزا و غیر همنام تبدیل می‌شوند. هنگامی که محلول‌های یونی در معرض میدان مایکروویو قرار می‌گیرند، یون‌ها به صورت اجباری در یک جهت و سپس به سرعت در جهت مخالف در میدان متناوب جریان می‌یابند. ذرات باردار با مولکول‌های هم جوار خود برخورد کرده و با انتقال انرژی جنبشی خود به آنها، باعث شتاب گرفتن مولکولهای هم جوار خود شده و موجب برخورد آنها با سایر مولکولها می‌شوند. بنابراین تبدیل انرژی در دو مرحله اتفاق می‌افتد، ابتدا انرژی میدان الکترومغناطیسی با ذرات باردار منتقل شده و تبدیل به انرژی جنبشی می‌شود و در مرحله بعد ذرات باردار بر اثر افزایش اندازه حرکت با مولکول‌های مجاور برخورد می‌نمایند و انرژی جنبشی خود را به آن‌ها منتقل می‌کنند. افزایش انرژی جنبشی مولکولهای داخل ماده، باعث گرم شدن و افزایش دمای ماده می‌گردد. لذا تمام قسمت های ماده غذایی به طور یکنواخت، انرژی مایکروویو را جذب و گرم می‌شوند که این امر باعث خروج یکنواخت رطوبت از درون ماده غذایی شده و پذیرش محصول نهایی را کمتر تحت تاثیر قرار می‌دهد [۷]. همان‌گونه که بیان شد، فرایند سرخ کردن عمیق در دماهای بالایی انجام می‌شود که در نتیجه آن تیره شدن سطح محصول و تشکیل مداوم آکریل آمید شدت بیشتری می‌یابد. آکریل آمید از ترکیبات سرطان‌زای حاصل از فرایند سرخ کردن است که به میزان زیادی در مواد غذایی سرخ شده، برشته و پخته شده وجود دارد. این ترکیب بیشتر در اثر تجزیه حرارتی اسیدامینه آزاد اسپارژین و واکنش با گروه کربونیل قندهای احیاکننده (عمدتا گلوکز و فروکتوز) در حین واکنش قهوه ای شدن غیرانزیمی مایلارد به وجود می‌آید. غلظت اولیه مواد واکنش‌گر، نسبت آن‌ها، درجه حرارت، زمان فرآیند، pH و فعالیت آبی محصول بر تشکیل آکریل آمید طی فرایندهای حرارتی موادغذایی موثر می باشند[۸]. غلظت آکریل آمید در محصولات سرخ شده در نتیجه تشکیل متقابل و حذف آکریل آمید ترکیب است. مکانیسم حذف آکریل آمید هنوز ناشناخته می باشد. به طور کلی، تشکیل و حذف آکریل آمید تحت تاثیر دمای سرخ‌کردن، نوع و غلظت قند، ماتریکس احاطه کننده، pH، فعالیت آبی و غلظت اسپارژین می‌باشد. به منظور کنترل تشکیل آکریل آمید و محدود سازی آن پارامترهای مختلفی در فرایند به کار گرفته می شوند که از آن جمله می توان به، کنترل دما و زمان، ساختار شیمیایی محصول اشاره کرد. کنترل دما و زمان در حین سرخ‌کردن تاثیر معنی‌داری بر کاهش تشکیل آکریل آمید دارد.سطح آکریل آمید با افزایش زمان و دمای فرایند زیاد می شود. تشکیل آکریل آمید عمدتا در سطح و نزدیک سطح محصول اتفاق می افتدبنابراین کنترل دمای سطحی محصول و شستشوی سطح برش خورده محصول می‌تواند تا حد زیادی مقدار آن را کاهش دهد. در ارتباط با ساختار شیمیایی محصول ، با تغییر در میزان ترکیبات فنولیک و قندهای احیاء و اسیدهای امینه (مثلا سیب زمینی، هویج،..) در میزان تشکیل آکریل آمید نوسانات بسیاری مشاهده شده است. به گونه‌ای که مقادیر بالای ترکیبات فنولیک موجب کاهش سطح آکریل آمید می‌گردد.رومانی و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی بیان کردند که آکریل آمید، ترکیب یحاصل از واکنش بین اسید آمینه آسپارژین و قندهای احیاء کننده، طی واکنش میلارد بوده و کنترل دما و زمان حین فرآیند سرخ‌کردن تاثیر معنی‌داری برکاهش تشکیل این ماده دارد[٦]. همچنین در پژوهشی سینتیک کاهش قندهای احیا کننده، تشکیل آکریل آمید و تغییرات رنگ خلال‌های سیب زمینی طی فرایند سرخ‌کردن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاهش قندهای احیا کننده و تشکیل آکریل آمید طی سرخ‌کردن از تابع نمایی پیروی می‌کند و افزایش دما و زمان سرخ‌کردن به طور معنی‌داری سبب تشدید فرایندهای مذکور می گردد[۹]. با توجه به موارد مطرح شده در پژوهش حاضر تاثیر استفاده از پیش تیمار مایکروویو بر میزان جذب روغن و تشکیل اکریل امید، به منظور افزایش کیفیت تغذیه‌ای قطعات هویج سرخ‌شده مورد بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-05]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.213]

۲- مواد و روش ها

در این تحقیق نمونه‌های هویج (*Daucus carota* L.) از بازار محلی خریداری و در اتاقی تاریک با دمای ۸°C و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد نگهداری شدند.قبل از شروع آزمایش، هویج‌ها شسته و پوست‌گیری شدند.سپس با استفاده از یک کاتر دستی به قطعاتی با ابعاد ٦mm×٦mm×٦mm برش داده شدند. قابل توجه این‌که رطوبت اولیه نمونه‌ها با استفاده از یک آون (مدل Shimaz/TPS6777 ساخت ایران) و ترازوی دیجیتال (مدل A&D /HR-200 ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شد. در ادامه نمونه‌های برش خورده در یک مایکروویو (مدل LG JR,MC-2002) و در توان‌های ۲ وات بر گرم به مدت ۱۵ دقیقه و ۵ وات بر گرم به مدت ۱۰ دقیقه پیش تیمار شدند. در ادامه بمنظور سرخ‌کردن قطعات هویج، از یک سرخ‌کن پارس خزر (مدل Nuget، با ظرفیت ۱/۵ لیتر، ساخت ایران، دارای سنسور دمایی توکار (Built-in temperature sensor) جهت کنترل ترموستاتیکی دما با دقت ±۲°C) استفاده شد. به منظور انجام فرایند سرخ‌کردن، ابتداسرخ‌کن با ۱ لیتر روغن مایع سرخ‌کردنی با نام تجاری بهار (مخلوطی از روغن های افتابگردان، سویا و پنبه‌دانه، تهیه شده در شرکت صنعتی بهشهر) پر و بعد از تنظیم دما، دستگاه روی حالت اتوماتیک قرارداده می‌شد.در ادامه پس از رسیدن دمای سرخ کن به دماهای آزمایش، سبد حاوی قطعات هویج در روغن غوطه‌ور می‌گردید. پس از اتمام فرایند سرخ شدن قطعات هویج در مدت زمان مورد نظر، سبد از سرخ‌کن خارج و بر روی سینی مشبک قرار داده می‌شد تا روغن سطحی نمونه‌ها با کاغذ جاذب گرفته شود.قابل توجه این‌که در این پژوهش نمونه‌ها در دماهای۱۵۰و۱۷۰ درجه سلسیوس و بهمدت۲ و ٤ دقیقه سرخ شدند. در ضمن تیمارهای تحقیق در جدول ۱ نشان‌داده شده‌اند.

Table 1 Treatments of study

Row	Description	Code
1	Microwave pretreatment at (2W/g for 10 min) and fried at 170 °C for 2 min	M1
2	Microwave pretreatment at (2W/g for 10 min) and fried at 170 °C for 4 min	M2
3	Microwave pretreatment at (2W/g for 10 min) and fried at 150 °C for 2 min	M3
4	Microwave pretreatment at (2W/g for 10 min) and fried at 150 °C for 4 min	M4
5	Microwave pretreatment at (5W/g for 15 min) and fried at 170 °C for 2 min	M5
6	Microwave pretreatment at (5W/g for 15 min) and fried at 170 °C for 4 min	M6
7	Microwave pretreatment at (5W/g for 15 min) and fried at 150 °C for 2 min	M7
8	Microwave pretreatment at (5W/g for 15 min) and fried at 150 °C for 4 min	M8
9	Fried at 170 °C for 2 min	C1
10	Fried at 170 °C for 4 min	C2
11	Fried at 150 °C for 2 min	C3
12	Fried at 150 °C for 4 min	C4

۲-۱- اندازه گیری میزان جذب روغن نمونه های هویج سرخ شده

به روش استخراج سوکسله، محتوای روغن نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. اساس این روش برمبنای استخراج چربی از مواد غذایی با حلال مناسب است که در این تحقیق از حلال پترولیوماتر استفاده گردید. چربی خلال‌ها با حلال آلی مناسب در بالن‌هایی که قبلاً توزین شده بودند، استخراج گردیدند. پس از استخراج، برای حذف حلال باقیمانده، بالن‌ها تا رسیدن به وزن ثابت در آون حرارت داده شدند و در پایان وزن ثابت آن‌ها ثبت گردید. تفاوت وزن اولیه بالن با وزن ثانویه، میزان چربی نمونه‌ها را نشان داد[۱۰].

۲-۲- اندازه گیری میزان آکریل آمید

در این پژوهش اکریل آمید موجود در نمونه‌ها با استفاده از کارتریج اختصاصی استخراج با فاز جامد (Solid PhaseExtraction, Restek Co, USA) ویژه اکریل امید و بر اساس روش اوگولا و همکاران (۲۰۱۵)، روش شماره A ۸۰۳۲ اژانس حفاظت از محیط زیست امریکا و مطابق با دستورالعمل ارائه شده شرکت سازنده با اندکی تغییرات استخراج و با دستگاه گازکروماتوگرافی اندازه گیری گردید[۱۱].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-05]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.213]

بدین منظور ۱ گرم از هویج های سرخ شده با ۱۰ میلی لیتر اسیدفرمیک۰/۱ درصد مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه و با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه در دستگاه شیکر قرار گرفت. جهت حذف آسان‌تر لایه روغنی، نمونه در یخچال نگهداری و سپس از فیلتر سرسرنگی (Biofil، ساخت چین) و در نهایت از کارتریج استخراج با فاز جامد که با عبور ۲ میلی‌لیتر استن و ۲ میلی‌لیتر اسیدفرمیک ۰/۱ درصد مشروط گردیده بود، عبور داده شد. در این مرحله ، عبور نمونه صاف شده حاوی انالیت بدون اعمال خلاء و به کمک وزن خود از کارتریج عبور داده شد. در مرحله بعد، به منظور شستشوی عوامل مزاحمت زا ۰/۵ تا ۱ میلی لیتر آب مقطر خالص به کمک بمب خلاء و با استفاده از ارلن تخلیه به سرعت از کارتریج گذرانده شد و جهت اطمینان از عبور کامل آب حدود یک دقیقه این خلاء ادامه داشت. در مرحله اخر یا همان مرحله شویش، مقدار ۲میلی‌لیتر استون به کارتریج اضافه شد که در اثر وزن خود از کارتریج خارج گردید. خروجی این مرحله، اکریل امید استخراج شده از نمونه، آماده تزریق به کروماتوگرافی گازی بود. برای اندازه‌گیری مقدار اکریل امید نمونه‌ها از دستگاه گاز کروماتوگرافی Agilent 6890A مجهز به ستون اینووکس(HP-INNOWax) به طول۳۰متر،قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر و ضخامت۰/۲۵ میکرومتر و حاوی اشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای با دمای۲۶۰ درجه سلسیوس استفاده شد. دمای ابتدایی ۱۰۰درجه سلسیوس بود و با سرعت ۱۵درجه در دقیقه به ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد رسید و به مدت ۰/۵ دقیقه در این دما نگه داشته شد. گاز حامل هلیم و با فشار ثابت استفاده شد. حجم تزریق ۱ میکرولیتر بود که در دمای ۲۶۰درجه سلسیوس انجام پذیرفت.

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق جهت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از تحقیق از طرح کاملا تصادفی استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام پذیرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- جذب روغن

مطابق جدول مقایسه میانگین ۲، بین تیمارهای مختلف از نظر جذب روغن اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.05$). به گونه‌ای که تیمارهای پیش تیمار شده با مایکروویو از میزان جذب روغن کمتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد برخوردار بودند. طبق نتایج بیشترین مقدار جذب روغن در تیمار C4(٪ ۶/۱۲)و کمترین مقدار آن در تیمار M5(٪ ۳/۷۸)اندازه‌گیری شد.

Table 2 Effects of microwave pretreatment, frying time and temperature on oil uptake (dimensionless)

Oil uptake (%)	Description	Code
5.12±0.03^{e}	Microwave pretreatment at (2W/g for 15 min) and fried at 170 °C for 2 min	M1
5.14±0.03^{e}	Microwave pretreatment at (2W/g for 15 min) and fried at 170 °C for 4 min	M2
5.35±0.04^{d}	Microwave pretreatment at (2W/g for 15 min) and fried at 150 °C for 2 min	M3
5.45±0.03^{c}	Microwave pretreatment at (2W/g for 15 min) and fried at 150 °C for 4 min	M4
3.78±0.04^{i}	Microwave pretreatment at (5W/g for 10 min) and fried at 170 °C for 2 min	M5
4.38±0.04^{h}	Microwave pretreatment at (5W/g for 10 min) and fried at 170 °C for 4 min	M6
4.63±0.03^{g}	Microwave pretreatment at (5W/g for 10 min) and fried at 150 °C for 2 min	M7
4.76±0.04^{f}	Microwave pretreatment at (5W/g for 10 min) and fried at 150 °C for 4 min	M8
5.51±0.03^{c}	Fried at 170 °C for 2 min	C1
5.58±0.02^{bc}	Fried at 170 °C for 4 min	C2
5.60±0.03^{b}	Fried at 150 °C for 2 min	C3
6.12±0.02^{a}	Fried at 150 °C for 4 min	C4

Different letters indicate significant difference between means at $P\leq0.05$

طبق نتایج، در تمام دماها، با افزایش زمان سرخ‌کردن، محتوی روغن در تمام نمونه‌ها افزایش یافت اما در زمان‌های سرخ‌کردن یکسان، نمونه‌های شاهد در مقایسه با نمونه‌های پیش تیمار شده از جذب روغن بیشتری برخوردار بودند. از سوی دیگر با افزایش دمای سرخ‌کردن، میزان جذب روغن در تمام نمونه‌ها کاهش یافت. بسیاری از محققین معتقدند که در اثر گرما و کاهش رطوبت، فشار نامتعادلی بین بخش داخلی و خارجی ماده ایجاد و این امر موجب اعمال تنش به ساختار سلولی ماده غذایی می‌شود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-05]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.213]

در این حالت ماتریس ویسکوالاستیک ماده به درون فضاهای خالی ایجاد شده بر اثر تبخیر کشیده می‌شود که سرانجام به انقباض و چروکیدگی ماده و ایجاد لایه سخت سطحی می‌انجامد[۲]. چروکیدگی بر خواص ترموفیزیکی ماده غذایی، پدیده انتقال حرارت و جرم و نیز بر ضریب انتشار موثر رطوبت، چگالی و تخلخل تاثیر می‌گذارد. همچنین موجب کاهش قابلیت آبگیری مجدد و ترک خودگی سطحی محصول می‌شود[۱۲]. به عبارت دیگر با افزایش دما میزان چروکیدگی محصول افزایش می‌یابد که این فرایندسبب ایجاد پوسته سخت و محکم بر سطح ماده غذایی می‌شود و این پوسته به‌عنوان یک مانع از ورود روغن به بخش درونی محصول جلوگیری می‌کند. همچنین با کاهش تخلل مانع جایگزین شدن روغن در بافت ماده غذایی می‌شود[۱۳]. از سوی دیگر می‌توان بیان نمود که در دماهای پایین سرخ‌کردن نسبت به دماهای بالاتر، برای رسیدن به یک محتوی رطوبت یکسان، زمان بیشتری مورد نیاز است بنابراین با افزایش زمان سرخ‌کردن جذب روغن افزایش می‌یابد. مطابق نتایج، نمونه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو از میزان جذب روغن کمتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد برخوردار بودند و البته این کاهش در تیمارهایی که در توان بالاتر (5W/g) خشک‌شده بودند، بیشتر مشاهده گردید. زیرا افت رطوبت در این تیمارها بیشتر اتفاق افتاد که دلیل آن شدت بالای انرژی الکترومغناطیسی و در نتیجه طبیعت گرمایش حجمی (Volumetric heating) در محیط مایکروویو می‌باشد[۱٤]. همچنین طبق قانون لامبرت (Lambert) در جذب توان مایکروویو، توان اولیه (Incident power) مایکروویو به صورت نمایی از سطح به عمق نمونه کاهش می‌یابد. در توان‌های اولیه پایین، بیشترین میزان گرمایش در سطح نمونه ایجاد شده و بنابراین میزان دفع رطوبت از مرکز به سطح کاهش پیدا می‌کند. از سوی دیگر برخی نظریه ها بیان می‌کنند که حجم کل روغن جذب شده برابر مقدار آب جدا شده از ماده غذایی در هنگام سرخ‌کردن می‌باشد. لذا هرچه رطوبت اولیه ماده غذایی بیشتر باشد، انتشار رطوبت از داخل ماده غذایی در حین فرآیند سرخ‌کردن و در نتیجه جذب روغن بیشتر خواهد بود[۱۵]. حال استفاده از پیش تیمار مایکروویو سبب کاهش رطوبت اولیه محصول و در نتیجه کاهش زمان سرخ‌کردن و در نتیجه کاهش جذب روغن در محصول می‌شود. همچنین در یک ماده غذایی خشک شده که محتوای رطوبتی کمی دارد یک لایه نازک بر سطح خارجی ماده غذایی ایجاد شده که این لایه باعث افزایش مقاومت در مقابل نفوذ روغن به بخش درونی قطعات سرخ شده می‌شود[۱٦]. بنابراین می‌توان بیان کرد که پیش تیمار مایکروویو به دلیل کاهش پدیده انتقال جرم در طول فرایند سرخ کردن عمیق و کاهش نسبت منافذ باز، به عنوان روشی موثر جهت کاهش محتوای روغن در محصول سرخ شده نهایی می‌باشد.

۳-۲- اکریل امید

مطابق جدول۳، بین تیمارهای مختلف از نظر سینتیک تشکیل اکریل امید اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده گردید ($p\leq0.05$). به گونه‌ای که تیمارهای پیش تیمار شده با مایکروویو از میزان اکریل امید کمتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد برخوردار بودند. طبق نتایج بیشترین میزان اکریل امید درتیمار C_2 (۱۸/٤۹ ppb) و کمترین مقدار آن در تیمار M5 (٤/٦۷ ppb>) اندازه‌گیری شد.

Table 3 Effects of microwave pretreatment, frying time and temperature on acrylamide content

Acrylamide (ppb)	Description	Code
9.88±0.05^{f}	Microwave pretreatment at (2W/g for 15 min) and fried at 170 °C for 2 min	M1
7.32±0.04^{g}	Microwave pretreatment at (2W/g for 15 min) and fried at 170 °C for 4 min	M2
11.71±0.04^{e}	Microwave pretreatment at (2W/g for 15 min) and fried at 150 °C for 2 min	M3
9.93±0.05^{f}	Microwave pretreatment at (2W/g for 15 min) and fried at 150 °C for 4 min	M4
<4/67±0.00^{h}	Microwave pretreatment at (5W/g for 10 min) and fried at 170 °C for 2 min	M5
<4/67±0.00^{h}	Microwave pretreatment at (5W/g for 10 min) and fried at 170 °C for 4 min	M6
<4/67±0.00^{h}	Microwave pretreatment at (5W/g for 10 min) and fried at 150 °C for 2 min	M7
<4/67±0.00^{h}	Microwave pretreatment at (5W/g for 10 min) and fried at 150 °C for 4 min	M8
17.74±0.04^{b}	Fried at 170 °C for 2 min	C1
18.49±0.03^{a}	Fried at 170 °C for 4 min	C2
12.03±0.02^{d}	Fried at 150 °C for 2 min	C3
15.39±0.03^{c}	Fried at 150 °C for 4 min	C4

Different letters indicate significant difference between means at $P\leq0.05$

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-05]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.213]

طبق نتایج، با افزایش دما و زمان سرخ‌کردن، میزان اکریل امید نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت($p\leq0.05$) و این افزایش در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو بود.قابل توجه این‌که کمترین مقادیر آکریل آمید درنمونه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو در توان ۵W/g و در مدت زمان ۱۰min اندازه‌گیری شد.

علت افزایش تشکیل اکریل امید با افزایش دما و زمان سرخ‌کردن، دهیدراته شدن محصول و مناسب‌تر شدن شرایط رطوبتی جهت انجام واکنش میلارد می‌باشد. ضرورت توجه به این نکته لازم است که، در دماهای کمتر افزایش دمای سطحی بعد از اتمام تبخیر سطحی کمتر بوده و بنابراین واکنش قهوه ای شدن در نتیجه افزایش حرارت، کمتر اتفاق می افتد[۱۷]. تشکیل آکریلامید با افزایش دما از ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه سلسیوس افزایش و سپس ممکن است کاهش یابد. علاوه بر دما و زمان فرایند، میزان فعالیت آبی نیز بر انجام واکنش میلارد تاثیر گذار است به گونه‌ای که مقادیربالای فعالیت آبی سبب رقیق شدن ترکیبات شرکت کننده در واکنش شده که نتیجه آن افزایش واکنش میلارد می‌باشدو از سوی دیگر با کاهش فعالیت آبی و در نتیجه کاهش تحرک این ترکیبات، از انجام واکنشمیلاردکاسته می‌شود. به‌طور کلی واکنش آسپاراژین با قندهای احیا، مسیر اصلی تشکیل آکریلامید است. در غلظت‌های پایین آسپاراژین، فروکتوز خیلی موثرتر از گلوکز است اما در غلظت‌های بالای قندهای احیا، آسپاراژین عامل محدود کننده در تشکیل آکریلامید محسوب می‌شود. قابل توجه این که مسیرهای جایگزین دیگری نیز برای تشکیل آکریلامید پیشنهاد شده است. آکرولئین، اسیدهای چرب، اسید آسپارتیک، کارنوزین،بتا-آلانین، آمینوپروپیون آمید و پیرووییک اسید قادر به تولید آکریلامید از طریق تولید آکریلیک اسید هستند. ترکیباتی مانند پیرووییک اسید (منتج شده از سرینوسیستئین یا منابع دیگر)،آکریلیک اسید (حاصل از آسپارتیک، کارنوزینوبتاآلانین به ویژه در منابع گوشتی)، آکرولئین (منتج شده از اسیدهای چرب و گلیسرول) و ۳- آمینوپروپیون آمید (منتج شده از آسپاراژین) می‌توانند در تولید آکریل امید شرکت کنند[۱۸]. همان‌گونه که قبلا بیان گردید هویج حاوی اسپارتیک اسید است. اسپارتیک اسید، می‌تواند تحت شرایط حرارتی شکسته شده و تولید آکریلیک اسید کند. این ترکیب در حضور منبع یون آمونیوم، آکریل امید تولید می‌کند. عمده ترین اسیدهای آمینه‌ای که میتوانند یون آمونیوم را تامین کنند عبارتند از آسپاراژین، گلوتامین، سیستئینوآسپارتیک اسید می‌باشند. همچنین سرین اسیدامینه دیگری که در هویج وجود دارد.آبگیری از سرین در حضور و یا عدم حضور قندهای احیا می تواند منجر به تولید اسید پیرووییک شود. اسید پیرووییک تحت مراحل احیا و سپس آبگیری به اسید آکریلیک و در نهایت به آکریلامید قابل تبدیل است[۸].از سوی دیگر ساکارز قند اصلی هویج محسوب می‌گردد که مستقیماً نمیتواند در واکنش میلارد شرکت کند اما در دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس و به ویژه با اسیدی بودن محیط شروع به تجزیه شدن می‌کند و حاصل تجزیه آن می‌تواند در واکنش میلارد شرکت کند. به طور کلی برای اختلال در واکنش‌های تشکیل آکریل آمید، کنترل دما، زمان، فعالیتآبی و حذف یا کاهش مواد واکنش دهنده لازم است. کاهش دما و زمان سرخ کردن سبب کاهش قند احیا کننده و تشکیل اکریل امید می شود [۱۹].در این پژوهش پیش تیمار مایکروویو با کاهش مقدار رطوبت محصول و انتقال بهتر رطوبت از عمق به سطح محصول سبب کاهش مدت زمان سرخ‌کردن و در نهایت کاهش تشکیل اکریل امید در سطح هویج گردید.گرچه ممکن است استفاده از مایکروویو سبب تغییراتی در قند احیا کننده شده باشد. به‌عنوان مثال گلوکز را اکسید کرده و از شرکتش در تولید اکریل امید جلوگیری نموده باشد.

٤- نتیجه‌گیری

طبق نتایج، در تمام نمونه‌ها، با افزایش دمای سرخ‌کردن، میزان جذب روغن کاهش امابا افزایش زمان سرخ‌کردن، محتوی روغن افزایش یافت.قابل توجه این‌که در زمان‌های سرخ‌کردن یکسان، نمونه‌های شاهد در مقایسه با نمونه‌های پیش تیمار شده از جذب روغن بیشتری برخوردار بودند. از سوی دیگر با افزایش دما و زمان سرخ‌کردن، میزان اکریل امید نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و این افزایش در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو بود. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از مایکروویو به عنوان پیش تیمار می‌تواند به طور معنی‌داریمیزان جذب روغن و میزان تشکیل

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-05]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.213]

اکریل امید را در نمونه‌های هویج کاهش دهد. لذا استفاده از این تکنیک می‌تواند به عنوان روشی امید بخش جهت بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی محصولات سرخ‌شده مورد استفاده قرار گیرد.

۵- منابع

[1] Sharma, K., Karki, S., Thakur, N.S., and Attri, S. 2012. Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. Journal of Food Science and Technology. 49: 22–32.

[2] Movahhed, S., and Ahmadi Chenarbon, H. 2019. Moisture content and oil uptake variations and modeling in deep-fried hamburger slices. Journal of Chemical Product and Process Modeling. 14(3): 261-272.

[3] Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., and Marinos-Kouris, D. 2001. Effect of pre-drying on quality of french fries. Journal of Food Engineering. 49(4): 347-354.

[4] Movahhed, S.,and Ahmadi Chenarbon, H. 2018. Moisture content and oil uptake in potatoes (Cultivar Satina) during deep-fat frying. Potato Research. 61: 261–272.

[5] Dehghannya, J., Hosseinlar S. H., and Heshmati M. K. 2018. Multi-stage continuous and intermittent microwave drying of quince fruit coupled with osmotic dehydration and low temperature hot air drying. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 45: 132-151.

[6] Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P.,and Rosa, M. D. 2009. Influence of frying conditions on acrylamide content and other quality characteristics of french fries. Journal of Food Composition and Analysis. 22: 582-588.

[7] Azarpazhooh, E.,and Ramaswamy, H. 2011. Optimization of microwave-osmotic pretreatment of apples with subsequent air-drying for preparing high-quality dried product. International Journal of Microwave Science and Technology. 3: 1-12.

[8] Yaylayan,V. A., Wnorowski, A., and Locas, C. P. 2003. Why asparagine needs carbohydrates to generate acrylamide. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51(6):1753-7.

[9] Friedman, M., and Carol, E. 2008. Review of methods for the reduction of dietary content and toxicity of acrylamide. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56: 6113–6140.

[10] Bligh, E. G., and Dyer, W. A. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology. 37: 911-917.

[11] Ogolla, J. A., Abong, G. O., Okoth, M. W., Kabira, J. N., Imungi, J. K. and Karanja, P.N. 2015. Levels of acrylamide in commercial potato crisps sold in Nairobi County, Kenya. Journal of Food Nutrition Research. 3(8): 495-501.

[12] Dehghannya, J., Naghavi, E. A., and Ghanbarzadeh, B. 2016. Frying of potato strips pretreated by ultrasound–assisted air–drying. Journal of Food Processing and Preservation. 40(4): 583-592.

[13] Ziaiifar, A. M., Courtois, F., and Trystram, G. 2010. Porosity development and its effect on oil uptake during frying process. Journal of Food process Engineering. 33:191-212.

[14] Adedeji, A.A., Ngadi, M.O., and Raghavan, G.S.V. 2009. Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep fat fried chicken nuggets. Journal of Food Engineering, 91: 146–153.

[15] Ngadi, M., Wang, Y., Adedeji, A., and Raghavan, V. 2009. Effect of microwave pretreatment on mass transfer during deep frying of chicken nuggets. LWT-Food Science and Technology. 42: 438-440.

[16] Moyano, P., and Pedreschi, F. 2006. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments. LWT-Food science and Technology. 39: 285-291.

[17] Khezerlou, A., Alizadeh-Sani, M., Zolfaghari Firouzsalari, N., and Ehsani, A. 2018. Formation, properties, and reduction methods of acrylamide in foods: A Review Study. Journal of Nutrition Fasting and Health. 6: 52-59.

[18] Sohn, M., and Ho, C.T. 1995. Ammonia generation during thermal degradation of amino acids. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 43: 3001-3.

[19] Zeng, X., Cheng, K. W., Du, Y., Kong, R., Lo, C.,and Chu, I. K.,Chen, F., and Wang, M.2010. Activities of hydrocolloids as inhibitors of acrylamide formation in model systems and fried potato strips. Food Chemistry. 121(2):424-8.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-05]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.213]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of microwave pre-treatment and frying conditions on acrylamide formation and oil uptake in fried carrot pieces

Ayatollahzadeh Shirazi, M. [1], Movahhed, S. [2*], Shahab Lavasani, A. [3], Ahmadi Chenarbon, H. [4], Rajaei, P. [3]

1. Ph.D student, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
2. Associated Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 23 October 2020
Accepted 12 December 2020

Keywords:

Microwave,
Acrylamide,
Carrot,
Deep frying,
Oil uptake.

DOI: 10.52547/fsct.18.03.18

*Corresponding Author E-Mail:
movahhed@iauvaramin.ac.ir

ABSTRACT

Deep frying is one of the most common operations used in food processing. But it is necessary to use methods to reduce the oil uptake and prevent the formation of toxic substances such as acrylamide, while maintaining the desired features. Accordingly, in the present study, the effect of microwave pre-treatment with the power of 2 and 5W / g and in 15 and 10 minutes respectively, on the amount of oil uptake and the amount of acrylamide formation in fried carrot pieces was investigated at two temperatures of 150˚C and 170˚C and in 2 and 4 minutes duration. According to the results, at all temperatures, with increasing of the frying time, the amount of oil and the acrylamide formation increased in all samples, but at the same frying times, control samples had higher oil uptake and acrylamide formation compared to the pre-treated samples. According to the investigations, the highest oil uptake and the highest amount of acrylamide formation were respectively measured in the samples fried at 150˚C in 4 min (6.12%), and the fried samples at 170˚C and in 4 min (18.49 ppb). However, the lowest amount of oil uptake and acrylamide formation in microwave pre-treated samples (with 5W/g power in 10 minutes) and samples fried at 170˚C in 2 minutes were respectively (3.78%) and (<4.67 ppb).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-05]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.213]