مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال پانزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، صفحات ۷۰-۵۹

کاهش جذب روغن قطعات بادمجان طی فرآیند سرخ کردن با پیش تیمار آب‌گیری اسمزی

اکبر جوکار[۱]، آزاده پارسایی[۲]، ندا مفتون‌آزاد[۳]

۱- نویسنده مسئول: استادیار بخش فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. پست الکترونیکی: a.jokar@areeo.ac.ir
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد واحد سروستان، شیراز، ایران
۳- دانشیار بخش فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۴

چکیده

سابقه و هدف: در هنگام سرخ کردن، مقدار نسبتاً زیادی از روغن جذب مواد غذایی می‌شود. هدف از این پژوهش کاهش جذب روغن قطعات بادمجان هنگام سرخ شدن با استفاده از پیش فرآیند آب‌گیری اسمزی بود.

مواد و روش‌ها: تأثیر غلظت‌های مختلف مالتودکسترین (۰، ۲۰ و ۴۰ درصد حجمی/وزنی) و کلرید سدیم یا نمک‌طعام (۰، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی/وزنی) در مدت زمان و درجه حرارت ثابت ۹۰ دقیقه و $30^{\circ}C$ بر ویژگی‌های مختلف قطعات بادمجان (با ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر) بررسی گردید. تأثیر آب‌گیری اسمزی بر افت رطوبت، جذب مواد جامد، نسبت کارآیی و چروکیدگی نمونه‌ها پس از فرآیند اسمزی و همچنین میزان جذب روغن، بافت، رنگ، و ویژگی‌های حسی قطعات بادمجان پس از سرخ کردن بررسی شد.

یافته‌ها: افزایش غلظت مالتودکسترین و نمک به ترتیب از صفر به ۲۰ و از صفر به ۱۰ درصد موجب افزایش معنی‌دار آب‌گیری، جذب مواد جامد و نسبت کارآیی در قطعات بادمجان گردید. بیشترین کاهش رطوبت (۳۷ درصد) به تیمار ۲۰ درصد نمک - ۴۰ درصد مالتودکسترین مربوط شده و تقریبا کمترین جذب روغن (۹ درصد) نیز متعلق به همین تیمار بود. بیشترین جذب روغن (۳۷/۳ درصد) در نمونه شاهد مشاهده شد. کمترین چروکیدگی پس از سرخ کردن (۱۵/۶ درصد) متعلق به تیمار ۱۰ درصد نمک - ۴۰ درصد مالتودکسترین بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به کمترین میزان جذب روغن و تقریبا بالاترین امتیازات حسی، بهترین نمونه برای فرآیند اسمزی و سرخ کردن بادمجان ۴۰ درصد مالتودکسترین - ۱۰ درصد نمک با ۲۹ درصد کاهش جذب روغن معرفی می‌شود.

واژگان کلیدی: آب‌گیری اسمزی، بادمجان، سرخ کردن، مالتودکسترین، جذب روغن

• مقدمه

سرخ کردن عمیق یکی از قدیمی‌ترین فرآیندهای آماده‌سازی مواد غذایی است. این فرآیند تحت عنوان غوطه‌ور کردن ماده غذایی در یک روغن خوراکی در دمایی بالاتر از نقطه جوش آب تعریف می‌گردد. در طول این فرآیند انتقال هم‌زمان جرم و انرژی صورت می‌گیرد. در حین سرخ کردن اگرچه اُفت رطوبت از محصول هم‌زمان با جذب روغن اتفاق می‌افتد، ولی نسبت این دو با هم برابر نیست. اعتقاد بر این است که در فرآیند تبخیر، انبساط حجمی آب به ایجاد بافتی متخلخل منجر می‌شود که مشخصه آن حفرات داخلی، درز، شکاف و منافذ ریز در پوسته غذا می‌باشد و به نظر می‌رسد که روغن نیز جذب این منافذ می‌شود (۱).

در طی سرخ کردن عمیق مواد غذایی، برخی از واکنش‌های بیوشیمیایی نظیر تغییرات رنگ پوسته، فراسرشت پروتئین‌ها، اُفت ترکیبات فرار، واکنش مایلارد و غیره ایجاد می‌شود. بنابراین این عوامل می‌توانند کیفیت و مقبولیت فرآورده نهایی را کاهش یا افزایش دهند. از طرف دیگر، علاوه بر موارد فوق، کاهش جذب روغن یکی از مهم‌ترین عوامل تغذیه‌ایی در کنترل کیفی محصول نهایی می‌باشد. امروزه با افزایش آگاهی مصرف کنندگان، تقاضا برای محصولات غذایی با میزان روغن و کالری کمتر در حال توسعه می‌باشد. برخی از تئوری‌ها و نظریه‌ها بیان می‌نمایند که حجم کل روغن جذب شده توسط فرآورده غذایی برابر مقدار آب جدا شده از فرآورده

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

طی سرخ کردن می‌باشد. عوامل مختلفی نظیر نوع روغن، دما و زمان سرخ کردن، ترکیبات تشکیل دهندهٔ ماده غذایی، بافت ماده غذایی (متخلخل یا غیر متخلخل)، پیش فرآیندهای بکار رفته قبل از سرخ کردن (تیمارهای شیمیایی، آب‌گیری اسمزی، مایکروویو، آنزیم‌بری، اولتراسوند، میدان الکتریکی پالسی، فشار بالا و غیره)، اندازهٔ ماده غذایی و پوشش‌دهی با ترکیبات هیدروکلوئیدی (نظیر کربوکسی متیل سلولز، زانتان، کاراگینان و تراگاکانت و غیره) و فرمولاسیون خمیرآبه (Batter formulation) نظیر آرد ذرت، سویا، گندم، جوانه جو و غیره در میزان جذب روغن توسط ماده غذایی مؤثر می‌باشند (۱).

بادمجان گیاهی است خوراکی از تیره سیب‌زمینیان (*Solanum melongena*) و یکی از محصولات اصلی چین، هندوستان و ایران به شمار می‌رود. بادمجان خام دارای خواص تغذیه‌ای بسیار مفیدی است. از ویتامین‌های موجود در بادمجان می‌توان به ویتامین‌های گروه B، ویتامین A و C و مواد معدنی مختلف از جمله کلسیم، فسفر، مس، گوگرد، منیزیم، پتاسیم و آهن اشاره کرد. علاوه بر ویتامین‌ها و املاح یاد شده، بادمجان دارای فیتونوترینت‌های مهمی است (۴-۲).

فرهنگ و روش مصرف بادمجان در کشور ما ایران معمولا به صورت سرخ کردن است. و علاوه بر کاهش ارزش تغذیه‌ایی بادمجان در اثر سرخ کردن و افزایش مواد مضر در آن، بافت بادمجان طوری است که روغن بسیار زیادی را جذب کرده و مصرف کنندگان مقدار زیادی روغن و کالری دریافت می‌کنند. یکی از روش‌های کاهش جذب روغن در سرخ کردن، استفاده از پیش‌تیمار آب‌گیری اسمزی است.

آب‌گیری اسمزی عبارتست از خارج کردن بخشی از آب بافت گیاهی یا حیوانی به‌وسیله تماس مستقیم آنها با یک محلول غلیظ مناسب (مانند محلول‌های غلیظی از قندها، نمک‌ها یا مخلوط‌هایی از نمک و قند) (۵). مزایای آب‌گیری اسمزی عبارتند از: استفاده از دماهای پایین، کاهش مصرف انرژی، عدم تماس مواد غذایی با اکسیژن، امکان تغییر ترکیب محصول و اصلاح ویژگی‌های آن (۷-۵). عوامل موثر بر آب‌گیری اسمزی نیز عبارتند از: دما، نوع محلول اسمزی مورد استفاده، غلظت محلول، نسبت ماده غذایی به محلول اسمزی، همزدن و چرخش محلول اسمزی، مدت زمان تماس ماده غذایی با محلول اسمزی، شکل و اندازه قطعات ماده غذایی و ویژگی‌های آن (۱۲-۸، ۵).

Moreira و همکاران (۲۰۰۸) مدل‌های کاهش آب و دریافت مواد جامد در قطعات بادمجان در فرآیند آب‌گیری اسمزی با غلظت‌های مختلف ساکارز و نمک را بررسی و ثبت کردند (۱۳). Ganjloo و Bimakr (۲۰۱۵) بهترین دما و غلظت ساکارز در آب‌گیری اسمزی بادمجان را به ترتیب ۳۰ °C و ۳۰ درصد اعلام کردند (۳). Bahmani و همکاران (۲۰۱۵) نتیجه گرفتند که آب‌گیری اسمزی در ۹۰ دقیقه اول فرآیند افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد. دما، غلظت نمک، و تأثیرات متقابل آنها تأثیر قابل ملاحظه‌ایی بر کارآیی فرآیند دارند. آنها مدل Azuara را بهتر از مدل Magee در سینتیک انتقال جرم اعلام کردند (۴). De Jesus Junqueira و همکاران (۲۰۱۷) کلرید کلسیم و پتاسیم را به عنوان جایگزین بخشی از نمک در آب‌گیری اسمزی بادمجان به کارگرفته و اعلام کردند که کلسیم و اعمال خلاء موجب حفظ آسکوربیک اسید می‌شوند. خلاء موجب افزایش تغییر رنگ کل، استرس و الاستیسیته بادمجان در مقایسه با اتمسفر معمولی شد (۲). De Jesus Junqueira و همکاران (۲۰۱۸) اعمال خلاء متناوب (Pulsed Vacuum) در آب‌گیری اسمزی بادمجان، هویج و ریشه چغندر را بررسی کرده و مشاهده کردند که تأثیر آن بر بادمجان و هویج خیلی بیشتر از خلاء معمولی بود (۱۴).

Dalvi و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر آنزیم‌بری و خیساندن در محلول‌های اسمزی را بر جذب روغن و ارزیابی حسی چیپس سیب زمینی تولیدی، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که پیش تیمار خیساندن در مخلوط کلرور سدیم و کلرور کلسیم یک درصد بالاترین درصد کاهش جذب روغن (۶۳/۰۳ درصد) را داشت. همچنین در بین نمونه‌های آنزیم‌بری شده در محلول‌های اسمزی بالاترین میزان کاهش جذب روغن به ترتیب مربوط به نمونه‌های بلانچ شده در مخلوط کلرور سدیم و کلسیم یک درصد، مخلوط کلرور پتاسیم و کلسیم یک درصد و نمونه‌های بلانچ شده در محلول کلرور کلسیم ۲ درصد بود (۱۱). Khezripour arab و همکاران (۲۰۱۷) اثر پوشش مالتودکسترین بر خواص سیب‌زمینی سرخ شده را بررسی کرده و اعلام کردند که غوطه‌وری خلال سیب‌زمینی در محلول مالتودکسترین ۵ درصد به مدت دو دقیقه موجب کاهش جذب روغن به مقدار ۴۱/۹۳ درصد گردید (۱۲). در مورد تأثیر پیش فرآیندهای مختلف از جمله آنزیم‌بری، آب‌گیری اسمزی، حرارت‌دهی، پوشش‌دهی با مواد کلوئیدی بر کاهش جذب روغن در مورد سیب زمینی تحقیقاتی انجام شده و میزان کاهش روغن را از حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد اعلام کرده‌اند (۱۸-۱۵، ۱۲، ۱۱).

در مورد فرآیند آب‌گیری اسمزی با مالتودکسترین و نمک و بررسی تأثیر آنها بر کاهش جذب روغن تحقیقاتی انجام نشده و در این پژوهش شرایط بهینه مقدار مالتودکسترین و

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

نمک در آب‌گیری اسمزی قطعات بادمجان و میزان کاهش جذب روغن آنها بررسی شد.

• مواد و روش‌ها

بادمجان واریته قلمی سیاه ورامین به عنوان مادهٔ خام اولیه از میدان تره بار شیراز خریداری و تا زمان آزمایش در پخچال نگهداری شد. از کلرید سدیم (نمک) سپید دانه یددار با درجه خلوص ۹۹/۹٪، از مالتودکسترین ساخت مرک آلمان و از روغن سرخ کردنی آفتابگردان ساخت شرکت بهار در پژوهش استفاده گردید.

پس از خریداری بادمجان، به‌منظور کاهش فعالیت‌های تنفسی و بیولوژیکی تا زمان آزمایش در یخچال در دمای $^{\circ}C$ ۴-۵ نگهداری گردید. پس از خروج از یخچال ابتدا نمونه‌های بادمجان با پوست براق و ارغوانی تیره و دارای اندازهٔ یکنواخت جهت آزمایش‌ها انتخاب شدند. نمونه‌های منتخب شستشو و توسط یک چاقوی تیز پوست‌گیری گردید. برش‌های مکعب مربع با ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر از بادمجان تهیه گردید. جهت یکسان‌تر بودن برش‌ها، قطر و ضخامت توسط کولیس کنترل شد (۱۵).

تهیه و آماده‌سازی محلول اسمزی: جهت آب‌گیری اسمزی قطعات بادمجان، از محلول‌های اسمزی نمک (در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰٪ حجمی/وزنی) و مالتو دکسترین (در سطوح صفر، ۲۰ و ۴۰٪ حجمی/وزنی) استفاده گردید. با وزن کردن نمک و مالتودکسترین و حل کردن آنها در آب مقطر محلول‌ها تهیه شدند. برای اینکه به‌توان مقدار بهینه غلظت نمک و مالتودکسترین در این پژوهش را به درستی تعیین کرد، دامنه غلظت گسترده‌تر در نظر گرفته شد.

فرآیند آب‌گیری اسمزی: بعد از تهیهٔ محلول‌های اسمزی (نمک و مالتودکسترین)، قطعات بادمجان تحت فرآیند آب‌گیری اسمزی قرار گرفت. دمای محیط آب‌گیری طی فرآیند در دامنهٔ (۳۰، ۵۰ و ۷۰ درجهٔ سانتیگراد) و زمان آب‌گیری در دامنهٔ (۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ دقیقه) در نظر گرفته شد (دما توسط یک بن‌ماری کنترل گردید). نسبت محلول اسمزی به قطعات بادمجان۴ به ۱ انتخاب گردید تا از رقیق شدن زیاد محلول اسمزی طی آب‌گیری، جلوگیری شود. آزمایش‌ها با اعمال شرایط متحرک یعنی هم زدن با میله شیشه‌ای، در فواصل زمانی نیم دور در ساعت، به منظور جلوگیری از عدم یکنواختی غلظت محلول اسمزی در اطراف نمونه‌ها انجام شد. پس از اتمام فرآیند آب‌گیری قطعات از محیط آب‌گیری خارج و بر روی یک کاغذ صافی (واتمن) جهت حذف آب سطحی اضافی قرار گرفت، بعد از جذب سطحی آب، نمونه‌ها توزین گردید (۴، ۳، ۱).

فرآیند سرخ کردن عمیق: عملیات سرخ کردن عمیق در یک سرخ‌کن خانگی انجام گرفت. بعد از تنظیم دمای محیط سرخ‌کن در ۱۸۰ درجه سانتیگراد قطعات بادمجان در داخل و محیط روغن غوطه‌ور گردید. قطعات بادمجان به مدت ۳ دقیقه تحت فرآیند سرخ کردن عمیق قرار گرفتند (این زمان بر اساس پژوهش‌های پیشین و آزمون مقدماتی سرخ کردن انتخاب شد). روغن سرخ کردنی پس از هر بار سرخ کردن، با روغن تازه جایگزین گردید. بعد از گذشت مدت زمان مربوطه نمونه‌ها از روغن خارج و روغن اضافی سطحی توسط کاغذ صافی حذف شد. نمونه‌ها قبل از انجام آزمون‌های بعدی تا دمای اتاق سرد شد (۱۹، ۱۶).

آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی

مقدار رطوبت: محتوای رطوبت نمونه‌های بادمجان با روش آون‌گذاری در دمای ^{o}C ۱۰۵ به مدت ۱۲ ساعت طبق روش AOAC انجام گرفت (۲۰).

کاهش آب WL (Water Loss) ، جذب مواد جامد SG (Solid Gain) و نسبت کارآیی فرآیند اسمزی (WL/SG) در قطعات بادمجان بر اساس توزین آنها در مراحل مختلف (قبل از آب‌گیری اسمزی، بعد از اسمز و بعد از خشک کردن در آون) از طریق معادلات زیر محاسبه گردید (۴).

$$SG = \frac{(m_t \times x_{st}) - (m_0 \times x_{s0})}{m_0} \quad (۱)$$

$$WR = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \times 100 \quad (۲)$$

$$PR = \frac{WR}{SG} \quad (۳)$$

m_0: وزن اولیه قطعات بادمجان، m_t: وزن قطعات بادمجان پس از آب‌گیری، x_{w0}: رطوبت اولیه قطعات بادمجان، x_{wt}: رطوبت قطعات بادمجان بعد از آب‌گیری، x_{s0}: مادهٔ خشک اولیه قطعات بادمجان (x_{s0}= 1- x_{w0})، x_{st}: مادهٔ خشک قطعات بادمجان بعد از آب‌گیری (x_{st}= 1- x_{wt})

اندازه‌گیری جذب روغن: برای اندازه‌گیری میزان روغن مکعب‌های سرخ شده بادمجان از روش سوکسله استفاده شد. ابتدا ۵ گرم از بادمجان سرخ شده توزین و پس از قرار گرفتن در درون کارتوش، خرد شده و سپس توسط حلال هگزان با نقطه جوش $^{\circ}C$ ۴۰، استخراج روغن نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت انجام گرفت و در نهایت میزان روغن بر مبنای وزن مرطوب

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

محاسبه گردید (۱۷). مقدار روغن نمونه‌های خام بادمجان نیز اندازه‌گیری شده و از مقدار روغن کل کم شد.

تعیین رنگ: مولفه‌های رنگ (L*, a*, b*) نمونه‌ها پس از سرخ کردن با استفاده از مقیاس رنگ CIE Lab، با دستگاه لاوی باند (Lovibond-SP60) اندازه‌گیری شد. تغییر رنگ کلی، با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (۴)$$

در این رابطه $\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}$ همه با در نظر گرفتن صفحه سفید استاندارد دستگاه به عنوان مرجع محاسبه شدند. ΔE^*_{ab} نشان دهنده میزان تفاوت یا تغییر رنگ نمونه‌ها نسبت به رنگ سفید استاندارد می‌باشد.

استحکام بافت: استحکام بافت قطعات بادمجان از طریق آزمون نفوذسنجی با دستگاه بافت سنج (مدل TR Faccini ساخت شرکت Copernico-Italy، ایتالیا) تعیین شد. برای این منظور، از پروب استوانه‌ای تخت به قطر ۱۶ میلی‌متر با سرعت حرکت ۲/۵ میلی‌متر بر ثانیه استفاده شد. حداکثر نیروی لازم (نیوتن) جهت تخریب و نفوذ به بافت بادمجان سرخ شده اندازه‌گیری و ثبت گردید. به دلیل نداشتن رفرنس در مورد بافت بادمجان، این آزمایش بر اساس تجربه نویسندگان و حدس و خطا تا رسیدن به بهترین اندازه و سرعت حرکت پروب انجام شد.

چروکیدگی: میزان چروکیدگی نمونه‌های سرخ شده با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$SKG(\%) = \frac{V_i - V_f}{V_i} \times 100 \quad (۵)$$

که در آن:

SKG: میزان چروکیدگی (٪)

V_i: حجم قطعات بادمجان اولیه (m^3)

V_f: حجم قطعات بادمجان بعد از سرخ شدن (m^3)

حجم نمونه‌ها با اندازه‌گیری ابعاد قطعات بادمجان با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد.

ارزیابی حسی: جهت انجام آزمون‌های حسی از روش آزمون ترجیحی استفاده شد (۲۱). بدین صورت که سه نمونه شاهد، ۴۰ درصد مالتودکسترین-۱۰ درصد نمک و ۴۰ درصد مالتودکسترین-۲۰ درصد نمک، توسط ۲۲ نفر آزمون کننده از نظر طعم، رنگ و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند و به ترتیب بهترین و بدترین نمونه معین گردید. به بهترین نمونه امتیاز ۳، به نمونه متوسط امتیاز ۲ و به نمونه ضعیف امتیاز ۱ داده شد. در نهایت با استفاده از اختلاف امتیاز نمونه‌ها تفاوت آماری بین آنها معین شد. مقدار اختلاف جهت وجود تفاوت آماری معنی‌دار بین نمونه‌ها (با ۲۲ نفر آزمون‌کننده) ۱۶ بود.

تجزیه و تحلیل آماری: آزمایش‌ها طی دو مرحله به صورت آرایش فاکتوریل با طرح پایه کاملا تصادفی انجام شدند. به دلیل افزایش حجم مطالب نمی‌توان نتایج و بحث مرحله اول را در این مقاله گنجاند فقط به نتیجه نهایی آن که در مرحله دوم به کار گرفته شد، اشاره می‌شود. در مرحله اول بهترین شرایط فرآیند اسمزی از نظر دما و زمان تعیین شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح دما ($^\circ C$ ۳۰، ۵۰، ۷۰) و سه سطح زمان (۳۰، ۹۰، ۱۵۰ دقیقه) بودند. در مرحله اول مقدار نمک و مالتودکسترین ثابت و به ترتیب ۱۰ و ۲۰ درصد در نظر گرفته شد و بهترین دما و زمان پس از آنالیز و بهینه‌سازی به ترتیب $۳۰^\circ C$ و ۹۰ دقیقه بدست آمد. در مرحله دوم بهترین دما و زمان بدست آمده از مرحله اول ثابت در نظر گرفته شد و تأثیر فرآیند اسمز از نظر غلظت مالتودکسترین (۰، ۲۰، ۴۰ درصد) و نمک (۰، ۱۰، ۲۰ درصد) بر روی ویژگی‌های مختلف از جمله میزان رطوبت، جذب مواد جامد، نسبت کارآیی، جذب روغن ، رنگ، بافت، چروکیدگی و ارزیابی حسی تعیین گردید. آزمایش‌ها در هر دو مرحله در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SPSS 20 انجام شد. مشخصات تیمارهای مورد استفاده جهت آب‌گیری اسمزی مطابق جدول ۱ انتخاب گردید.

جدول ۱. تیمار های تأثیر مقدار نمک و مالتودکسترین در آب‌گیری اسمزی

شماره تیمار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
نمک (درصد)	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۱۰	۲۰	۲۰	۲۰
مالتودکسترین (درصد)	۰	۲۰	۴۰	۰	۲۰	۴۰	۰	۲۰	۴۰

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

• یافته‌ها

طبق تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها، تأثیر متقابل نمک و مالتودکسترین بر کلیه ویژگی‌ها بجز مولفه قرمزی رنگ (*a)، تغییر رنگ کل و سفتی بافت معنی‌دار شد (p<۰/۰۵). بنابراین بررسی اثرات ساده نمک و مالتودکسترین فقط بر قرمزی رنگ، تغییر رنگ کل و سفتی بافت امکان‌پذیر است؛ از طرف دیگر اثرات ساده نمک و مالتودکسترین بر سفتی بافت و تغییر رنگ کل نیز معنی‌دار نشده است (p>۰/۰۵)؛ پس بررسی اثرات نمک و مالتودکسترین بر قرمزی رنگ به طور جداگانه در زیر بررسی می‌گردد.

اثر نمک بر قرمزی رنگ (*a): همان‌طور که در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد با افزایش غلظت نمک تا ۱۰ درصد در محلول اسمزی قرمزی رنگ قطعات بادمجان افزایش می‌یابد و در ادامه با افزایش نمک تا ۲۰ درصد قرمزی رنگ کاهش یافته یا به عبارت دیگر سبزی رنگ افزایش می‌یابد.

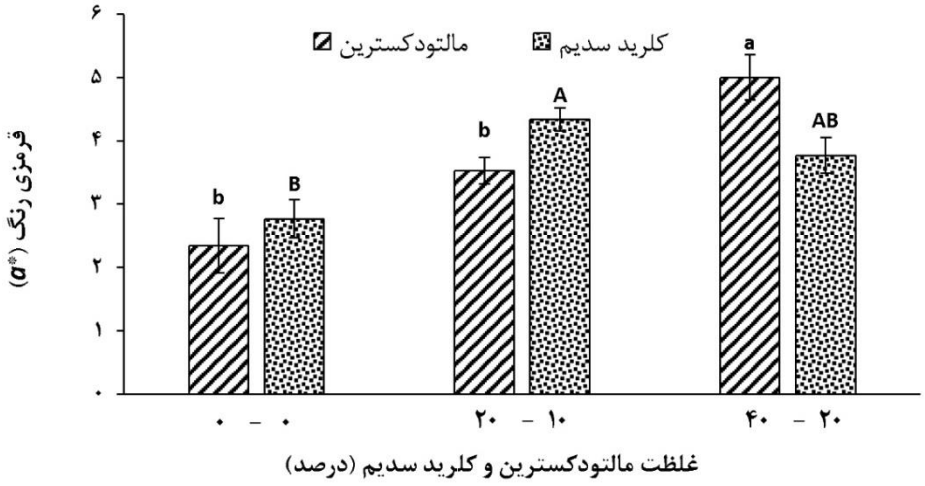
اثر مالتودکسترین بر قرمزی رنگ: همانطور که در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد با افزایش غلظت مالتودکسترین در محلول اسمزی نمونه‌های آب‌گیری شده میزان شاخص *a رنگ افزایش می‌یابد. کمترین و بیشترین میزان مولفه *a رنگ نمونه‌های بادمجان در محلول‌های اسمزی به ترتیب آب مقطر و محلول اسمزی حاوی ۴۰ ٪ مالتودکسترین بود.

اثر متقابل نمک و مالتودکسترین بر ویژگی‌های بادمجان

افت رطوبت: همان طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد با افزایش غلظت هم‌زمان مالتودکسترین و نمک در محلول اسمزی (به ترتیب تیمارهای شماره ۱، ۵ و ۹) میزان اُفت رطوبت افزایش می‌یابد. کمترین و بیشترین میزان اُفت رطوبت نمونه‌های بادمجان تیمار شده در محلول‌های اسمزی حاوی مالتودکسترین و نمک به ترتیب نمونه شاهد و محلول اسمزی شماره ۸ (محلول اسمزی حاوی ۲۰ ٪ مالتودکسترین و ۲۰ ٪ نمک) بود.

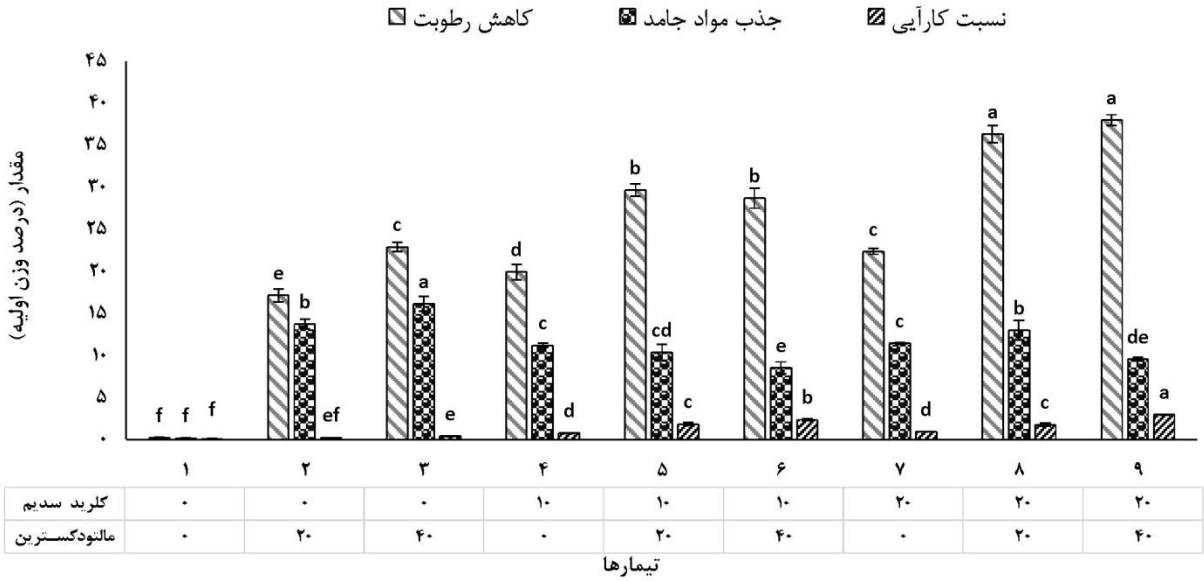
جذب مواد جامد: با افزایش مالتودکسترین بدون حضور نمک میزان جذب مواد جامد افزایش یافت. اما افزایش نمک از ۱۰ به ۲۰ درصد تأثیری بر افزایش جذب مواد جامد نداشت. بیشترین جذب مواد جامد در تیمار ۴۰ درصد مالتودکسترین بدون نمک بود و کمترین در تیمارهای ۴۰ درصد مالتودکسترین با حضور نمک بود (شکل ۲).

نسبت کارآیی: افزایش غلظت نمک و مالتودکسترین موجب افزایش نسبت کارآیی می‌شود و این افزایش نشان دهنده تأثیر بیشتر این مواد در خروج رطوبت از بافت بادمجان در مقایسه با جذب مواد جامد است (شکل ۲). کمترین و بیشترین میزان نسبت کارآیی نمونه‌های بادمجان تیمار شده در محلول‌های اسمزی حاوی مالتودکسترین و نمک به ترتیب نمونه ۲ و نمونه شماره ۹ (محلول اسمزی حاوی ۴۰ ٪ مالتودکسترین و ۲۰ ٪ نمک) بود.



شکل ۱. تأثیر مالتودکسترین و نمک بر مولفه قرمزی رنگ (*a) بادمجان آب‌گیری شده

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]



شکل ۲. تأثیر تیمارهای مختلف بر افت رطوبت، نسبت کارآیی و کاهش وزن در نمونه‌ها

رنگ قطعات بادمجان: تأثیر تیمارهای اسمزی بر مولفه‌های روشنی (L*) و زردی رنگ (b*) از روند منطقی و علمی پیروی نداشت که احتمالا دلیل آن تأثیر متقابل نمک و مالتودکسترین بود. اما همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد با افزایش غلظت هم‌زمان مالتودکسترین و نمک در محلول اسمزی (به ترتیب محلول‌های اسمزی شماره ۱، ۵ و ۹) میزان مولفه a* رنگ یا قرمزی رنگ افزایش می‌یابد. کمترین و بیشترین میزان شاخص a* رنگ به ترتیب به نمونه شاهد و محلول اسمزی شماره ۶ (محلول اسمزی حاوی ۴۰ ٪ مالتودکسترین و ۱۰ ٪ نمک) بود.

با افزایش غلظت هم‌زمان مالتودکسترین و نمک در محلول اسمزی (به ترتیب محلول اسمزی شماره ۱، ۵ و ۹) نمونه‌های آب‌گیری شده میزان شاخص ΔE رنگ تغییر قابل ملاحظه‌ایی نمی‌یابد. کمترین و بیشترین میزان شاخص ΔE رنگ نمونه‌های بادمجان تیمار شده به ترتیب به محلول اسمزی شماره ۷ (محلول اسمزی حاوی ۰ ٪ مالتودکسترین و ۲۰ ٪ نمک) و محلول اسمزی شماره ۳ و ۶ مربوط می‌شد (جدول ۲).

جذب روغن: با افزایش غلظت هم‌زمان مالتودکسترین و نمک در محلول اسمزی میزان جذب روغن کاهش می‌یابد. کمترین و بیشترین میزان جذب روغن به ترتیب به محلول اسمزی شماره ۶ (محلول اسمزی حاوی ۴۰ ٪ مالتودکسترین و ۱۰ ٪ نمک) و نمونه شاهد مربوط بود (جدول ۲).

سفتی بافت: با افزایش غلظت مالتودکسترین در مقدار ثابت نمک صفر درصد در محلول اسمزی، استحکام بافت افزایش می‌یابد. اما در بقیه تیمارها به جز تیمار ۵ تفاوت قابل ملاحظه نیست. بیشترین و کمترین میزان سفتی بافت به ترتیب به تیمار شماره ۵ و تیمار شاهد مربوط است (جدول ۲).

چروکیدگی در اثر فرآیند اسمز: چروکیدگی اسمزی با افزایش غلظت مالتودکسترین از صفر به ۲۰ درصد در حضور و عدم حضور نمک افزایش یافته اما افزایش آن از ۲۰ به ۴۰ درصد تأثیر قابل ملاحظه‌ایی بر چروکیدگی نداشته است. با افزایش غلظت نمک در محلول اسمزی، در کلیه غلظت‌های مالتودکسترین چروکیدگی افزایش یافت. نمونه‌های شاهد و شماره ۹ به ترتیب کمترین و بیشترین چروکیدگی را با مقادیر ۰/۲۵ و ۵۳ درصد، داشتند (جدول ۲).

چروکیدگی در اثر فرآیند سرخ کردن: افزایش غلظت مالتودکسترین از صفر تا ۴۰ درصد در کلیه غلظت‌های نمک موجب کاهش چروکیدگی پس از سرخ کردن شد. با افزایش غلظت نمک در محلول اسمزی، در کلیه غلظت‌های مالتودکسترین چروکیدگی پس از سرخ کردن کاهش یافت. نمونه‌های شاهد و تیمار ۶ به ترتیب بیشترین و کمترین چروکیدگی پس از سرخ کردن را با مقادیر ۵۶ و ۱۵ درصد، داشتند (جدول ۲).

آزمون‌های حسی: امتیاز نمونه شاهد، ۴۰ درصد مالتودکسترین-۱۰ درصد نمک و ۴۰ درصد مالتودکسترین-۲۰ درصد نمک به ترتیب ۲۹، ۴۷ و ۵۵ بود. نمونه شاهد دارای امتیاز پایین‌تری نسبت به دو نمونه دیگر بوده و این تفاوت معنی‌داری بود ($p<0/05$). اما دو نمونه یکدیگر از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p>0/05$).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

جدول ۲. تأثیر محلول‌های اسمزی بر ویژگی‌های قطعات بادمجان

تیمارها*	ویژگی‌ها					
	جذب روغن (درصد)	سفتی بافت (نیوتن)	چروکیدگی بعد از اسمز (درصد)	چروکیدگی بعد از سرخ کردن (درصد)	مولفه قرمزی رنگ	تغییر رنگ کل (ΔE^*)
۱	۳۷/۳± ۰/۸۴ a**	۰/۰۳۱± ۰/۰۳ b	۰/۲۵± ۰/۳۱ f	۵۶/۶± ۱/۷ a	۲± ۰/۷ c	۲۷/۱± ۴/۳ ab
۲	۳۶/۱± ۱/۳۶ a	۰/۰۵± ۰/۰۱ ab	۱۳/۴± ۳ e	۴۲/۴± ۱/۴۸ a	۲/۱± ۰/۸ c	۲۷/۷± ۲/۶ ab
۳	۱۹/۱± ۱/۱ c	۰/۰۸۵± ۰/۰۶ ab	۱۷/۴±۲ de	۳۲/۱± ۲/۱ b	۴/۲± ۱/۴ abc	۳۲/۶± ۱/۷ a
۴	۲۳/۹± ۰/۷۸ b	۰/۰۵۵± ۰/۰۴ ab	۱۹/۲± ۱/۶ d	۴۹/۹± ۲/۳ a	۲/۹± ۱/۳ bc	۲۶/۹± ۶/۳ ab
۵	۱۱/۳۷±۰/۶۸ d	۰/۱۱۵± ۰/۰۴ a	۴۰/۵± ۲/۴ c	۲۲/۱± ۱/۱۵ c	۴/۲± ۱/۱ abc	۲۸/۱± ۲/۹ ab
۶	۸/۲± ۰/۳۴ e	۰/۰۶۵± ۰/۰۱ ab	۴۷/۴± ۲/۷ b	۱۵/۶± ۲/۶ c	۵/۹± ۱ a	۳۲/۹± ۱/۴ a
۷	۱۹/۹± ۱/۱ c	۰/۰۸۵± ۰/۰۱ ab	۴۰/۷± ۳/۲ c	۵۰/۲± ۱/۱ a	۲/۱± ۱/۴ bc	۲۴/۱± ۵/۱ ab
۸	۱۸/۷± ۰/۶ c	۰/۰۹± ۰/۰۱ ab	۵۳/۲± ۱/۲ a	۳۷/۵± ۴/۱ b	۴/۳± ۰/۷ abc	۲۹/۹± ۲/۳ a
۹	۹/۱± ۰/۹ e	۰/۰۸۵± ۰/۰۱ ab	۵۳/۸± ۲/۱ a	۲۵/۶± ۳/۴ c	۴/۹± ۰/۹ ab	۲۸/۳± ۴/۱ a

*شماره تیمار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
نمک	۰	۰	۰	۱۰	۱۰	۱۰	۲۰	۲۰	۲۰
مالتودکسترین	۰	۲۰	۴۰	۰	۲۰	۴۰	۰	۲۰	۴۰

** حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

• بحث

رنگ

نمونه‌های تیمار شده توسط محلول‌های اسمزی حاوی مالتودکسترین نسبت محلول‌های حاوی نمک میزان شاخص *a بیشتر و در نتیجه رنگ تیره‌تری داشت. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، نمونه بادمجان آب‌گیری شده در محلول‌های اسمزی حاوی ۱۰ و ۲۰ درصد نمک اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. از طرف دیگر نیز نمونه شاهد و نمونه ۱۰ درصد نمک تفاوت معنی‌داری از نظر قرمزی رنگ ندارند. علت این است که محلول‌های اسمزی حاوی نمک باعث کاهش رطوبت و ممانعت بیشتر از فعالیت آنزیم‌های فنولاز و تغییر رنگ کمتر توسط واکنش‌های قهوه‌ایی شدن آنزیمی می‌شود. از طرف دیگر واکنش‌های قهوه‌ایی شدن غیر آنزیمی یا مایلارد در حضور مالتودکسترین در حین سرخ کردن بیشتر انجام می‌شود (۱۳). اما به طور کلی تفاوت زیادی بین رنگ تیمارهای مختلف ایجاد نشد که دلیل آن مشابهت بین محلول‌های اسمزی و همچنین سرخ کردن قطعات بادمجان پس از فرآیند اسمزی بود.

کاهش رطوبت، جذب مواد جامد و نسبت کارآیی

خروج آب از بافت بادمجان و جذب نمک و مالتودکسترین در بافت یا به طور کلی انتقال جرم در فرآیند اسمزی تابعی از تغییرات غلظت ماده جامد در محلول اسمزی است و با افزایش غلظت نمک و مالتودکسترین میزان خروج آب از بافت بادمجان و جذب مواد جامد بیشتر می‌شود (شکل ۲). اما به‌دلیل معنی دار شدن اثر متقابل نمک و مالتودکسترین برکاهش رطوبت بادمجان و جذب مواد جامد در آن باید اثر توام آنها بررسی شود.

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در غلظت ثابت صفر درصد مالتودکسترین، افزایش نمک از صفر به ۲۰ درصد منجر به افزایش خروج رطوبت و جذب مواد جامد در بادمجان شده است. با افزایش غلظت نمک در محلول اسمزی از صفر به ۲۰ درصد در مقدار ۲۰ درصد ثابت مالتودکسترین، میزان کاهش رطوبت افزایش یافته اما جذب مواد جامد با افزایش مقدار نمک از صفر به ۱۰ درصد افزایش ولی از ۱۰ به ۲۰ درصد کمی کاهش داشته است. در مقدار ۴۰ درصد ثابت مالتودکسترین نیز تقریبا همین روند با افزایش غلظت نمک مشاهده می‌شود. بنابراین افزایش غلظت نمک در حضور مالتودکسترین تأثیر قابل ملاحظه‌ایی بر افزایش جذب مواد جامد نداشته ولی موجب افزایش کاهش رطوبت شده است. محلول اسمزی حاوی نمک در غلظت کم به علت دارا بودن اندازه و وزن مولکولی کمتر در مقایسه با محلول اسمزی حاوی مالتودکسترین، فشار اسمزی بیشتری ایجاد کرده و باعث خروج آب بیشتری شده است. از طرف دیگر مالتودکسترین به صورت یک لایه ممانعت کننده در برابر جذب مواد جامد عمل کرده و اجازه ورود ملکول‌های ریز مانند نمک را نمی‌دهد (۱۹،

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

۲۰). نمک در مقایسه با مالتودکسترین در محلول اسمزی به دو یون تجزیه می‌شود و تقریبا دو برابر محلول یک مولار ساکارز در همان شرایط فشار اسمزی ایجاد می‌کند و به همین دلیل در فرآیند اسمز از نمک‌ها به‌عنوان مواد فعال‌کننده و تشدید کننده فرآیند اسمز استفاده می‌کنند. نکته دیگر افزایش میزان آب‌گیری قطعات بادمجان با افزایش غلظت مالتودکسترین، نمک و مخلوط آنها به‌علت افزایش گرادیان غلظتی بین محلول اسمزی و ماده غذایی است (۴-۲).

در غلظت صفر درصد ثابت نمک، افزایش غلظت مالتودکسترین از ۰ به ۴۰ درصد موجب افزایش خروج آب و جذب مواد جامد در بادمجان شده است. در غلظت ۱۰ درصد ثابت نمک، افزایش غلظت مالتودکسترین از صفر به ۲۰ درصد موجب افزایش کاهش رطوبت شده و تغییری در جذب مواد جامد نداشته است. اما افزایش غلظت از ۲۰ به ۴۰ درصد تغییری در کاهش رطوبت نداشته ولی موجب کاهش جذب مواد جامد شده است. در غلظت ثابت نمک ۲۰ درصد تقریبا همین روند با افزایش غلظت مالتودکسترین مشاهده شد. بنابراین افزایش غلظت مالتودکسترین از صفر به ۲۰ زمانیکه از نمک در محلول اسمزی استفاده می‌شود موجب افزایش کاهش رطوبت و جذب مواد جامد شده اما از ۲۰ به ۴۰ درصد تأثیر قابل ملاحظه ایی بر این صفات نداشته است. در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است که مالتودکسترین موجب افزایش کاهش آب و کاهش جذب مواد جامد در سیب و محافظت از آن شده است (۲۱، ۲۰). در مورد تأثیر نمک بر افزایش خروج رطوبت و جذب مواد جامد در بادمجان (۴، ۲۰)، کدو حلوایی (۲۲)، هویج، (۲۳) ساقه بمبو (۲۴) و همچنین تأثیر توام نمک و شکر بر کدو حلوایی (۲۵) تقریبا نتایج مشابهی ارائه شده است.

افزایش غلظت نمک و مالتودکسترین موجب افزایش نسبت کارآیی می‌شود و این افزایش نشان دهنده تأثیر بیشتر این مواد در خروج رطوبت از بافت بادمجان در مقایسه با جذب مواد جامد است. اما Bahmani و همکاران (۲۰۱۶) اعلام کردند که افزایش غلظت نمک منجر به کاهش نسبت کارآیی در بادمجان شده است (۴) که علت آن استفاده از نمک تنها در فرآیند اسمزی است اما در این پژوهش نمک به همراه مالتودکسترین به کار گرفته شده است. بیشترین نسبت کارآیی توسط این محققین ۶/۹۷ اعلام شده است که پس از ۹۰ دقیقه با ۲۶/۱۹ درصد کاهش آب در دمای $30\ ^{\circ}C$ و ۵ درصد نمک به دست آمد (۴). حداکثر نسبت کارآیی در این پژوهش در تیمار ۴۰ درصد مالتودکسترین - ۲۰ درصد نمک با ۳۷ درصد کاهش رطوبت به دست آمد. علت این تفاوت می‌تواند اندازه قطعات بادمجان، واریته بادمجان و مقدار و نوع مواد اسمزی باشد.

جذب روغن

جذب روغن با مقدار رطوبت ماده غذایی کنترل می‌شود. یکی از پارامترهای مهم برای کاهش جذب روغن در مواد غذایی کاهش رطوبت ماده غذایی است. مواد غذایی که در طی سرخ کردن عمیق افت رطوبت بالایی داشته باشند میزان جذب روغن بالاتری نیز خواهند داشت. برخی نظریه‌ها بیان می‌کنند که حجم کل روغن جذب شده برابر مقدار آب جدا شده از ماده غذایی در حین سرخ کردن می‌باشد (۱۴، ۲۶، ۲۷). با توجه به مطالب ذکر شده فرآیند اسمزی می تواند با کاهش رطوبت قطعات بادمجان، میزان جذب روغن را کاهش دهد. نتیجه پژوهش حاضر نظریه فوق را تایید می‌نماید طوری که بیشترین کاهش رطوبت (۳۷ درصد) به تیمار ۲۰ درصد نمک و ۴۰ درصد مالتودکسترین مربوط شده و تقریبا" کمترین جذب روغن (۹ درصد) نیز متعلق به همین تیمار و تیمار ۱۰ درصد نمک و ۴۰ درصد مالتودکسترین (۸/۲ درصد) بود. دلیل دیگر کاهش جذب روغن جذب مالتودکسترین در بافت بادمجان به ویژه در سطح آن است که مانند یک ماده هیدروکلوئیدی عمل کرده و مانع جذب روغن می‌شود. نتیجه پژوهش‌های دیگر محققین نیز مانند پوشش‌دهی پکتین، گوار، زانتان و کیتوزان بر برش‌های بادمجان موجب کاهش جذب روغن گردید (۲۸، ۲۷، ۱۵).

سفتی بافت

حضور و افزایش غلظت مالتودکسترین بدون حضور نمک منجر به افزایش سفتی و استحکام بافت در قطعات بادمجان شده است (جدول ۲). در حضور ۱۰ درصد نمک ثابت، افزایش مالتودکسترین از صفر به ۲۰ درصد منجر به افزایش قابل ملاحظه در استحکام بافت شده است (تیمار ۵) و در بقیه تیمارها استحکام بافت تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر ندارند. در گزارش‌های دیگر محققین به ویژه در مورد میوه‌ها، با انجام فرآیند اسمزی بافت نرم‌تر شده و استحکام کاهش می‌یابد اما در اینجا با توجه به اینکه بافت اولیه بادمجان نرم و خلل و فرج زیادی در آن وجود دارد، در فرآیند اسمز آب زیادی از آن خارج می‌شود (بالای ۳۵ درصد در پژوهش

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

حاضر). میزان زیاد کاهش آب بادمجان در فرآیند اسمزی موجب تغییر ساختار سطح قطعات بادمجان و استحکام و متراکم شدن سطح آن می‌شود (۲۱). از طرف دیگر نفوذ مالتودکسترین و همچنین حرارت زیاد در حین سرخ کردن موجب افزایش استحکام بافت به ویژه در مقدار ۲۰ درصد مالتودکسترین شده است.

چروکیدگی

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، روند چروکیدگی پس از اسمز و سرخ کردن تقریبا" برعکس یکدیگر هستند طوری که نمونه‌هایی که در فرآیند اسمز کمترین چروکیدگی را داشته در سرخ کردن بیشترین چروکیدگی یا کاهش حجم را نشان داده‌اند و برعکس. علت بروز این روند همان‌طور که در بخش استحکام بافت توضیح داده شد، خروج آب در فرآیند اسمز، متراکم‌تر شدن بافت و افزایش استحکام آن با نفوذ مالتودکسترین و نمک به داخل بافت بادمجان است. در نهایت هرچه بافت متراکم‌تر و محکم‌تر باشد در فرآیند سرخ کردن مقاومت بیشتری نشان داده و کاهش حجم کمتری خواهد داشت. تأثیر ۱۰ درصد نمک و ۴۰ درصد مالتودکسترین در کاهش چروکیدگی بادمجان سرخ شده بیشتر از بقیه تیمارها بوده است.

مکانیسم تأثیر مواد با وزن ملکولی پایین و بالا بر خروج آب و کاهش حجم متفاوت است و استدلال و نتایج مشابه با پروژه حاضر توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (۳۲-۲۹، ۲۲). با استفاده از مواد با وزن ملکولی بالا مانند مالتودکسترین احتمالا پلاسمولیز بافت بادمجان انجام نشده و کاهش حجم در دیواره سلولی رخ می‌دهد. با استفاده از مواد با وزن ملکولی پایین مانند نمک در پژوهش حاضر یا شکر ابتدا بر خلاف کاهش قابل ملاحظه آب، چروکیدگی یا کاهش حجم زیادی اتفاق نمی‌افتد چون مقدار قابل توجهی از این مواد جذب بافت می‌شود و برعکس مالتودکسترین از پلاسمولیز سلول‌ها جلوگیری می‌کند. با افزایش مقدار مالتودکسترین البته تا حد معینی، کاهش حجم یا چروکیدگی و افزایش خروج آب از بافت بیشتر می‌شود (۲۳، ۲۲).

آزمون حسی

بهترین نمونه از نظر مصرف کننده نمونه فرآوری شده در محلول ۴۰ درصد مالتودکسترین-۲۰ درصد نمک بود. اما به‌دلیل میزان نمک بالا در این نمونه می‌توان نمونه حاوی ۱۰ درصد نمک را انتخاب نمود، چون اکثر ویژگی‌های آن به ویژه ویژگی‌های حسی از نظر آماری تفاوت قابل ملاحظه‌ایی با نمونه ۲۰ درصد نمک نداشت اما هر دو این نمونه‌ها تفاوت معنی داری با نمونه شاهد داشته و طعم، رنگ و ظاهر بهتری داشتند.

پیش تیمار اسمزی با محلول حاوی مالتودکسترین و نمک تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر آب‌گیری از قطعات بادمجان دارد. نفوذ مواد جامد به ویژه مالتودکسترین به داخل بافت بادمجان موجب کاهش جذب روغن و حفظ استحکام نمونه‌ها در حین سرخ کردن می‌شود. بیشترین کاهش رطوبت (۳۷ درصد) و تقریبا کمترین جذب روغن (۹ درصد) به تیمار ۲۰ درصد نمک - ۴۰ درصد مالتودکسترین مربوط می‌شود. با توجه به کمترین میزان جذب روغن و تقریبا بالاترین امتیازات حسی، بهترین نمونه برای فرآیند اسمزی و سرخ کردن بادمجان ۴۰ درصد مالتودکسترین - ۱۰ درصد نمک با ۲۹ درصد کاهش جذب روغن معرفی می‌شود.

• References

1. Mokhtarian M, Tavakolipour H. Production of low-fat kiwi chips with aloe vera gel and determination of the mass transfer profile in deep fat frying. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2014;9(2):95-104. [in Persian]
2. De Jesus Junqueira JR, Corrêa JLG, de Mendonça KS, Resende NS, de Barros Vilas Boas EV. Influence of sodium replacement and vacuum pulse on the osmotic dehydration of eggplant slices. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2017;41:10-8.
3. Ganjloo A, Bimakr M. Influence of sucrose solution concentration and temperature on mass exchange during osmotic dehydration of eggplant (Solanum melongena L.) cubes. International Food Research Journal. 2015;22(2):807-11.
4. Bahmani A, Jafari SM, Shahidi SA, Dehnad D. Mass Transfer Kinetics of Eggplant during Osmotic Dehydration by Neural Networks. J Food Process Preserv. 2016;40(5):815-27.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

5. Lazarides HN, Fito P, Chiralt A, Gekas V, Lenart A. Advances in Osmotic Dehydration. In: Oliveira FAR, Oliveira JC, editors. Processing Foods: Quality Optimization and Process Assessment: CRC Press; 1999. p. 175-99.

6. Barat JM, Albors A, Chiralt A, Fito P. Equilibration of apple tissue in osmotic dehydration: microstructural changes. Drying Technology. 1999;17(7-8):1375-86.

7. Singh H. Osmotic dehydration of carrot shreds for Gazraila preparation. J Food Sci Technol. 2001;38(2):152-4.

8. Krokida MK, Oreopoulou V, Maroulis ZB, Marinos-Kouris D. Effect of osmotic dedydration pretreatment on quality of french fries. Journal of Food Engineering. 2001;49(4):339-45.

9. Yao Z, Le Maguer M. Osmotic Dehydration: An Analysis of Fluxes and Shrinkage in Cellular Structure. Transactions of the ASAE. 1996;39(6):2211-6.

10. Torreggiani D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. Food Research International. 1993;26(1):59-68.

11. Dalvi M, Daraii A, Aghajani N, Daneshpoor G, Hoseynian M, Mohamadi M. The effect of blanching and soaking in osmotic solutions on oil absorption and sensorial evaluation of potato chips. Food Technology & Nutrition. 2012;9(4):67-76. [in Persian]

12. Khezripour arab M, Hojjati M, Samavati V. Effect of maltodextrin coating on properties of French fries using Response Surface Methodology. J Food Sci Technol. 2017;13(60):25-36. [in Persian].

13. Moreira R, Chenlo F, Vallejo N, Gerbet L. Mass transfer analysis during osmotic dehydration of eggplant using binary solutions of sucrose and sodium chloride. Defect and Diffusion Forum. 2008;273-276:413-8.

14. De Jesus Junqueira JR, Corrêa JLG, de Mendonça KS, de Mello Júnior RE, de Souza AU. Pulsed Vacuum Osmotic Dehydration of Beetroot, Carrot and Eggplant Slices: Effect of Vacuum Pressure on the Quality Parameters. Food Bioprocess Technol. 2018;11(10):1863-75.

15. Mai Tran TT, Chen XD, Southern C. Reducing oil content of fried potato crisps considerably using a 'sweet' pre-treatment technique. Journal of Food Engineering. 2007;80(2):719-26.

16. Ali HS, Abdel-Razek AG, Kamil MM. Effect of pre-frying treatments of french fried potatoes to achieve better oil uptake reduction for health and technological aspects. Journal of Applied Sciences Research. 2012;8(10):5018-24.

17. Rimac-Brnčić S, Lelas V, Rade D, Šimundić B. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying Journal of Food Engineering. 2004;64(2):237-41.

18. De Grandi Castro Freitas D, Berbari SAG, Prati P, Fakhouri FM, Collares Queiroz FP, Vicente E. Reducing fat uptake in cassava product during deep-fat frying. Journal of Food Engineering. 2009;94(3-4):3.۴-۹۰

19. Hesham A. Eissa MTR, Hatem S. Ali and Gamal H. Ragab. Optimizing oil reduction in fried eggplant rings. Journal of Applied Sciences Research. 2013;6(9):3708-17.

20. AOAC. Horwitz W. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17 ed: Association Official Analytical Chemists Washington. D.C; 2000.

21. Watts BM, Ylimaki GL, Jeffery LE, L.G. E. Basic Sensory Methods for Food Evaluation: The International Development Research Center Ottawa, ISBN, Canada; 1989.

22. Khin MM, Zhou WB, Yeo SY. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. Journal of Food Engineering. 2007;81(3):514-22.

23. Azuara E, Beristain CI. Osmotic dehydration of apples by immersion in concentrated sucrose/maltodextrin solutions. J Food Process Preserv. 2002;26(4):295-306.

24. Moreira R, Chenlo F, Vallejo N, Gerbet L. Mass transfer analysis during osmotic dehydration of eggplant using binary solutions of sucrose and sodium chloride. In: Ochsner A, Murch GE, editors. Diffusion in Solids and Liquids Iii. Defect and Diffusion Forum. 273-276. Durnten-Zurich: Trans Tech Publications Ltd; 2008. p. 413-8.

25. Mayor L, Moreira R, Chenlo F, Sereno AM. Kinetics of osmotic dehydration of pumpkin with sodium chloride solutions. Journal of Food Engineering. 2006;74(2):253-62.

26. Singh B, Panesar PS, Nanda V, Kennedy JF. Optimisation of osmotic dehydration process of carrot cubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. Food Chem. 2010;123(3):590-600.

27. Badwaik LS, Choudhury S, Borah PK, Deka SC. Optimization of osmotic dehydration process of bamboo shoots in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. J Food Process Preserv. 2013;37(6):1068-77.

28. Mayor L, Moreira R, Chenlo F, Sereno AM. Mass transfer analysis during osmotic dehydration of pumpkin fruits using binary and ternary aqueous solutions of sucrose and sodium chloride. In: Ochsner A, Gracio J, editors. Diffusion in Solids and Liquids : Mass Diffusion. Defect and Diffusion Forum. 258-260. Durnten-Zurich: Trans Tech Publications Ltd; 2006. p. 213.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

29. Azadfar E, Elhamirad AH, Sharifi A. Journal of Food Science and Technology. Investigation the effect of coating on eggplant slices on oil uptake reduction during frying. 2015;8(4):1-13. [in Persian]

30. Jorjani S, Hamrahi V. Effect of Guar and xanthan hydrocolloids on uptake of oil in eggplant rings during deep frying. Journal of Food Science Researches. 2015;25(2).

31. Saurel R, Raoult-Wack A-L, Rios G, Guilbert S. Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple I. Fresh plant tissue. International Journal of Food Science & Technology. 2007;29(5):531-42.

32. Saurel R, Raoult-Wack A-L, Rios G, Guilbert S. Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple II. Frozen plant tissue. International Journal of Food Science & Technology. 2007;29(5):543-50.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

Oil Absorption Reduction of Eggplant Slices during Deep Fat Frying by Applying Osmotic Dehydration Pretreatment

Jokar A[1], Parsaii A[2], Maftoon Azad N[3]*

*1- *Corresponding author: Assistant professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Fars, Shiraz, Iran. Email: a.jokar@areeo.ac.ir*

2- MSc Student in Food Science and Technology, Islamic Azad University, Sarvestan Branch, Shiraz, Iran

3- Associate prof, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Fars, Shiraz, Iran

Received 18 May, 2019 **Accepted 26 Aug, 2019**

Background and Objectives: A fairly large amount of oil is absorbed to the food during deep frying. The aim of this study was to reduce the oil absorption of eggplant slices during frying by using osmotic dehydration pretreatment.

Materials and Methods: Using maltodextrin (0, 20, 40% w/v) and sodium chloride (salt, 0, 10, 20% w/v), the effect of osmotic dehydration on different properties of eggplant slices (2 × 2 × 2 cm) was investigated. Osmotic dehydration was carried out in a factorial arrangement with two factors: maltodextrin and salt concentrations at constant time (90 min) and temperature (30 °C). The effect of osmotic dehydration on the moisture loss, solid gain, osmotic performance ratio (PR) and shrinkage of the samples after osmotic process, as well as the oil absorption, texture, color, and sensory properties of eggplant slices after frying was investigated.

Results: Increasing the concentration of maltodextrin (0 to 20%) and salt (0 to 10%) in osmotic solution increased the dehydration, adsorption of solids and performance ratio in the eggplant slices significantly. The highest moisture loss (37%) and nearly the least oil absorption (9%) were related to the 20% salt-40% maltodextrin treatment. The highest oil absorption (37.3%) was observed in the control sample. The lowest shrinkage after frying (15.6%) was attributed to the 10% salt - 40% malt treatment.

Conclusion: Due to the low absorption of oil and almost the highest sensory scores, the best treatment for osmotic dehydration and frying of eggplant is 40% maltodextrin - 10% salt with 29% reduction in oil absorption.

Keywords: Eggplant, Frying, Maltodextrin, Oil absorption, Osmotic dehydration

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]