

تولید چیپس کیوی کم چرب با ژل آلورا و بررسی پروفایل انتقال جرم طی سرخ کردن عمیق

محسن مختاریان¹، حمید توکلی پور²

1- نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، سبزوار، ایران
پست الکترونیکی: mokhtarian.mo@gmail.com
2- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه علوم و صنایع غذایی، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: 92/7/30

تاریخ پذیرش: 92/11/25

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به مضرات روغن از لحاظ تغذیه‌ای و جذب بالای روغن در محصولات سرخ شده، کاهش میزان روغن ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش امکان‌سنجی تولید چیپس کیوی کم چرب بر پایه ژل آلورا و تأثیر روش‌های مختلف پیش تیمار (آبگیری اسمزی و اسمز- فراصوت) بر روی کاهش جذب روغن محصول مطالعه شد.

مواد و روش‌ها: جهت تولید چیپس کیوی کم چرب، تأثیر نوع پوشش (صمغ کربوکسی متیل سلولز و ژل حاصل از گیاه آلورا) و پیش تیمار (آبگیری اسمزی و فراصوت) بر روی پروفایل انتقال جرم چیپس کیوی سرخ شده مورد بررسی قرار گرفت. آزمون‌های کیفی انجام شده بر روی نمونه شامل مقدار رطوبت، جذب روغن، راندمان سرخ کردن، درصد پوشش‌دهی و اتلاف آب طی سرخ کردن می‌باشد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که پیش تیمار آبگیری اسمزی توانست میزان جذب روغن چیپس کیوی را نسبت به نمونه شاهد و پیش تیمار شده با اسمز-فراصوت کاهش دهد. نتایج بهینه‌سازی فرآیند تولید چیپس کیوی نشان داد که چیپس کیوی تهیه شده با پیش فرآیند آبگیری اسمزی و پوشش‌دهی شده با محلول 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در ژل آلورا به عنوان بهترین تیمار جهت تولید چیپس کیوی کم چرب معرفی گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که ژل آلورا به عنوان یک ترکیب هیدروکلوئیدی، توانست جذب روغن را کاهش دهد.

واژگان کلیدی: آبگیری اسمزی، پوشش خوراکی، ژل آلورا، فراصوت

• مقدمه

در طی سرخ کردن عمیق مواد غذایی، برخی از واکنش‌های بیوشیمیایی نظیر تغییرات رنگ پوسته، واسرشت شدن (Denaturation) پروتئین‌ها، آفت ترکیبات فرار، واکنش مایلارد و غیره ایجاد می‌شود. به علاوه، امروزه تشکیل آکریل‌آمیدها به عنوان عوامل بالقوه سرطان‌زا و جهش‌زا اهمیت کنترل دقیق فرآیند سرخ کردن عمیق را بیش از پیش ضروری نموده است. تشکیل آکریل‌آمید، ارتباط نزدیکی به واکنش مایلارد دارد. بنابراین این عوامل می‌توانند کیفیت فرآورده نهایی را کاهش و مقبولیت پذیرش مصرف‌کننده را کاهش دهند. از طرف دیگر، علاوه بر موارد فوق، کاهش جذب روغن یکی از مهم‌ترین فاکتورها در

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 (1). در حین سرخ کردن اگرچه آفت 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 (2).

(Alginate)، کاراگینان (Carrageenan)، صمغ دانه لوبیا (Locust bean gum) و صمغ ژلان (Gellan gum) مورد آزمون قرار گرفته است (8-11). کارایی هیدروکلوئیدهای هیدروفیل و تشکیل حرارتی ژل (Thermo-gelling) در کاهش جذب روغن طی سرخ کردن به خوبی در مطالعات قبلی گزارش شده است (12، 13).

در این پژوهش از فیله ژل گیاه آلوورا به عنوان ترکیب هیدروکلوئیدی جهت کاهش جذب روغن و تولید چیپس کیوی کم چرب مورد استفاده قرار گرفت. آلوورا (*aloe barbadensis Miller*) عضو خانواده Liliaceae بوده و به دلیل خواص سلامتی بخش به عنوان طب سنتی، به طور وسیعی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. گیاه آلوورا دارای دو بخش شیرابه و ژل می‌باشد. ژل آلوورا دارای محتوای رطوبت بیش از 98% و حاوی ترکیبات پلی ساکاریدی مختلف نظیر پکتین، سلولز، همی سلولز (Hemicelluloses)، گلوکومانان (Glucomannan)، آسمانان (Acemannan) و مانوز (Mannose) می‌باشد. در بین پلی ساکاریدهای مختلف، آسمانان به عنوان ترکیب فراسودمند اصلی ژل آلوورا، مورد توجه می‌باشد. به طور کلی، ژل آلوورا به دلیل تعداد زیادی منابع پلی ساکاریدی با فواید سلامتی بخش، در دسته مواد غذایی فراسودمند طبقه بندی شده است. بنابراین با توجه به خواص ایجاد کننده ژل و سلامتی بخش، گیاه آلوورا به عنوان پوشش خوراکی بر پایه کربوهیدرات امروزه در فرآوری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (14).

پژوهش‌های مختلفی در زمینه کاهش میزان جذب روغن طی سرخ کردن عمیق صورت گرفته است. دارایی و همکاران (2011)، بکارگیری پوشش‌های خوراکی و هیدروکلوئیدها را جهت تولید خلال سیب زمینی سرخ شده کم چرب (French fries) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نمونه‌های پوشش‌دهی شده با صمغ زانتان و پکتین و مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز دارای بیشترین محتوای رطوبت بود (3). Lalam et al. (2013) مکانیسم انتقال جرم را طی سرخ کردن عمیق ناگت جوجه مورد مطالعه قرار دادند. آنها اظهار نمودند که جذب روغن یک پدیده جذب سطحی می‌باشد (15). امیر یوسفی و همکاران (2012)، سینتیک انتقال جرم گوشت شترمرغ را تحت پیش گرمایش مایکروویو و سرخ کردن عمیق مورد بررسی قرار دادند (16).

کنترل کیفی فرآیند 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 طی سرخ کردن می‌باشد (3). عوامل مختلفی نظیر نوع روغن، دما و زمان سرخ کردن، ترکیبات تشکیل دهنده ماده غذایی، بافت ماده غذایی (متخلخل یا غیر متخلخل)، پیش فرآیندهای بکار رفته قبل از سرخ کردن (آبگیری اسمزی، مایکروویو، آنزیم‌بری، اولتراسوند، میدان الکتریکی پالسی، فشار بالا و غیره) اندازه ماده غذایی و پوشش‌دهی با ترکیبات هیدروکلوئیدی (نظیر کربوکسی متیل سلولز، زانتان، کاراگینان و تراگانانت 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 (4).

هیدروکلوئیدها به طور گسترده‌ای در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور معمول این ترکیبات به عنوان عوامل تغلیظ کننده و ژل دهنده، پایدارکننده و امولسیفایر نقش مهمی در کنترل خصوصیات بافتی و رئولوژیکی این محصولات ایفا می‌نمایند. علاوه بر این کاربردهای مرسوم، این ترکیبات به عنوان یک منبع از فیبرهای رژیمی به طور وسیعی جهت تولید مواد غذایی فراسودمند (Functional food) در زمینه‌های سلامتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین پوشش‌های هیدروکلوئید به دلیل ویژگی‌های سدکنندگی مطلوب آنها در برابر گاز/رطوبت و خصوصیات مکانیکی مطلوب، مورد توجه بسیار زیادی قرار گرفته‌اند (5). بنابراین، مواد غذایی مختلف با مواد هیدروکلوئیدی جهت جلوگیری از آفت رطوبت، محافظت از بافت، حفظ رنگ و همچنین افزایش عمر ماندگاری، پوشش‌دهی می‌شوند (7). با توجه به این که ویژگی‌های سطحی مواد غذایی، جذب روغن را طی سرخ کردن عمیق تحت تأثیر قرار می‌دهد، اصلاح سطح توسط عوامل هیدروکلوئیدی می‌تواند موجب کاهش جذب روغن طی سرخ کردن عمیق گردد. از این رو، مواد هیدروکلوئیدی مختلف به عنوان ترکیبات سدکننده در جذب روغن نظیر هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (Hydroxypropyl methyl cellulose)، متیل سلولز (Methyl cellulose)، پکتین (Pectins)، آلژینات

دهقان نصیری و همکاران (2011)، مدل‌سازی سینتیک انتقال جرم ناگت خرچنگ سرخ شده به روش عمیق در شرایط مختلف فرمولاسیون خمیرآبه مورد بررسی قرار دادند. آنها اظهار نمودند که کمترین جذب روغن در نمونه پوشش‌دهی شده با 10% آرد سویا و سرخ شده در 190 درجه سانتیگراد مشاهده گردید (17).

هدف از این پژوهش، مطالعه امکان‌سنجی تولید چیپس کیوی کم چرب بر پایه ژل آلورا و بررسی تأثیر روش‌های مختلف پیش تیمار (آبگیری اسمزی و اسمز-فراصوت) بر روی کاهش جذب روغن محصول تولیدی می‌باشد.

• مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه: در این مطالعه، کیوی (رقم مانتی) از بازار محلی خریداری گردید. در ابتدای آزمایش، کیوی تازه شستشو و توسط چاقوی تیز از جنس استیل ضد زنگ پوست‌گیری گردید. سپس، کیوی‌ها توسط دستگاه برش‌زن صنعتی به برش‌هایی با ضخامت 4/5 میلی‌متر تقسیم گردید. قطر برش‌های کیوی مورد استفاده 5/25±0/215 سانتیمتر بود (تعداد نمونه اندازه‌گیری شده N=100 است). رطوبت اولیه برش‌ها طبق روش AOAC، به شماره 931/04 توسط حرارت‌دهی مستقیم در آون (Memmert, model UNE 400) در دمای 105 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت تعیین گردید (18). میانگین رطوبت اولیه 86/6 درصد (وزن مرطوب) گزارش گردید (نتایج حاصل میانگین 3 تکرار می‌باشد).

پیش تیمار: جهت فرآیند سرخ کردن عمیق برش‌های کیوی، از پیش تیمارهای آبگیری اسمزی و اسمز-فراصوت استفاده گردید. مشخصات پیش تیمارهای بکار رفته شامل T_0 بدون پیش تیمار (شاهد)؛ T_1 آبگیری اسمزی و T_2 اسمز-فراصوت می‌باشد. جزئیات به صورت زیر می‌باشد.

آبگیری اسمزی: جهت اعمال پیش تیمار آبگیری اسمزی از محلول ساکارز 35 درصد (وزنی/حجمی) استفاده گردید. نمونه‌های برش خورده کیوی به مدت 120 دقیقه در دمای 25 درجه سانتی‌گراد تحت فرآیند آبگیری قرار گرفت. به منظور به حداقل رساندن تأثیر رقیق شدن محلول اسمزی طی فرآیند آبگیری، نسبت برش‌های کیوی به محلول اسمزی 1 به 10 انتخاب شد. دمای فرآیند آبگیری اسمزی توسط حمام بن‌ماری (Bandelin, Sonorex)

پیش تیمار اسمز-فراصوت: برای این منظور از حمام فراصوت (Bandelin, Sonorex) مدل DT 102 H-RC ساخت آلمان) استفاده شد. فرکانس و اوج فراصوت خروجی (Ultrasonic peak output) دستگاه به ترتیب 35 kHz و W 480 بود. برای این منظور، نمونه‌های تهیه شده در محلول اسمزی (شرایط آبگیری کاملاً مشابه پیش فرآیند آبگیری اسمزی) به مدت 120 دقیقه غوطه‌ور و امواج فراصوت به مدت 15 دقیقه به صورت مداوم اعمال و سپس قطع گردید. محاسبه پارامترها و معادلات مربوطه: برای تعیین محتوای رطوبت، برش‌ها در داخل آون معمولی تا رسیدن به وزن ثابت در دمای 105 °C قرار گرفت. میزان کاهش آب، جذب مواد جامد، آفت وزن قطعات بر اساس توزین آنها در مراحل مختلف (قبل از آبگیری، بعد از آبگیری و بعد از خشک کردن در آون) و استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (معادلات 1 تا 3):

$$WL = \frac{(1 - S_t) \cdot m_t - (1 - S_0) \cdot m_0}{S_t \cdot m_t} \quad (1)$$

$$SG = \frac{S_t \cdot m_t - S_0 \cdot m_0}{S_t \cdot m_t} \quad (2)$$

$$WR = WL - SG \quad (3)$$

در این معادلات m_0 جرم اولیه نمونه، m_t جرم نمونه بعد از زمان t ، S_0 و S_t به ترتیب مقدار ماده جامد نمونه قبل و بعد از پیش تیمار می‌باشد (19).

تهیه پوشش خوراکی هیدروکلوئیدی: به منظور تهیه پوشش‌های هیدروکلوئیدی از دو ترکیب کربوکسی متیل سلولز (Carboxy Methyl Cellulose-CMC) (مرک آلمان) و ژل استخراج شده از گیاه آلورا استفاده گردید. مشخصات پوشش‌های هیدروکلوئیدی شامل C_0 ، بدون پوشش؛ C_1 ، 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در آب مقطر؛ C_2 ، ژل آلورا و C_3 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در ژل آلورا می‌باشد.

ترموکوپل پایش گردید) نمونه‌ها در داخل سبد سیمی قرار گرفته و سپس در محیط سرخ‌کننده غوطه‌ور گردید. انتخاب دمای 180°C به دلیل تشکیل کمترین مقدار ترکیبات سرطان‌زا (Carcinogen) از جمله آکریل‌آمیدها می‌باشد (4). هر بار 4 برش کیوی پوشش‌دهی شده جهت جلوگیری از نوسانات آفت دما تحت فرآیند سرخ کردن عمیق قرار گرفت. برش‌های کیوی پوشش‌دهی شده در فواصل زمانی 0، 60، 120، 180 و 240 ثانیه تحت فرآیند سرخ کردن عمیق قرار گرفتند. روغن سرخ‌کردنی پس از گذشت مدت 2 ساعت سرخ کردن مداوم، با روغن تازه جایگزین گردید. بعد از گذشت مدت زمان‌های مربوطه نمونه‌ها از روغن خارج و روغن اضافی سطحی توسط کاغذ صافی حذف شد. نمونه‌ها قبل از انجام آزمون‌های بعدی تا دمای اتاق سرد شدند.

آزمایشات کیفی انجام شده بر روی چیپس‌های کیوی شامل مقدار رطوبت، جذب روغن، راندمان سرخ کردن، درصد پوشش‌دهی (Coating percent-CP) و اتلاف آب طی سرخ کردن (Water loss during frying-WLDF) می‌باشد. این فاکتورها به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشند (معادلات 4 تا 6):

$$Y(\%) = \frac{F}{NF} \times 100 \quad (4)$$

$$WLDF = \frac{M_i - M_f}{M_i} \quad (5)$$

$$CP(\%) = \frac{C - I}{I} \times 100 \quad (6)$$

در این معادلات $Y(\%)$ ، $WLDF$ ، CP ، F ، NF ، M_i ، M_f ، C و I به ترتیب راندمان سرخ کردن (%)، اتلاف آب طی سرخ کردن، درصد پوشش‌دهی (%)، وزن برش‌های پوشش‌دار سرخ شده (g)، وزن برش‌های پوشش‌دار سرخ نشده (g)، مقدار رطوبت اولیه (d.b.)، مقدار رطوبت بعد از سرخ کردن (d.b.)، وزن برش‌های اولیه پوشش‌دهی شده (g) و وزن برش‌های اولیه بدون پوشش (g) می‌باشد (3).

اندازه‌گیری جذب روغن و مقدار رطوبت: بعد از فرآیند سرخ کردن نمونه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. محتوای

برای تهیه سوسپانسیون هیدروکلئیدی کربوکسی متیل سلولز (پوشش C₁) از آب مقطر استفاده گردید. غلظت محلول کربوکسی متیل سلولز 1% (وزنی/حجمی) انتخاب گردید. به طوری که 1 گرم کربوکسی متیل سلولز در 100 میلی‌لیتر آب مقطر با دمای حدود 70 درجه سانتی‌گراد توسط مخلوط‌کن خانگی (Sunny، مدل SMJ-1600، ساخت ایران) کاملاً هموزن گردید و محلول شفاف حاصل شد. سپس محلول حاصل تا دمای محیط (25°C) سرد گردید.

برای استخراج ژل آلورا (تهیه پوشش C₂)، ابتدا اپیدرم ضخیم (یا پوسته) با دقت توسط تیغ جراحی تیز (bistoury) برش داده شد و از پارانشیم (یا فیله ژل) جدا گردید. پارانشیم در ظرف حاوی آب مقطر به منظور تلخی‌زدایی غوطه‌ور شد. سپس محتویات بعد از مدت 5 دقیقه، آبکش گردید و پارانشیم از آب خارج و در داخل غذاساز خانگی (Saya، مدل QMC20، ساخت ایران) مخلوط (به مدت 1 دقیقه در دمای 25°C) و به صورت یک محلول کلئیدی یکنواخت تبدیل شد.

به منظور تهیه پوشش C₃ از محلول ژل آلورا استفاده شد، به طوری که 1 گرم کربوکسی متیل سلولز به 100 میلی‌لیتر محلول ژل آلورا اضافه و توسط مخلوط‌کن خانگی کاملاً هموزن گردید.

برای انجام پیش‌تیمار اسمزی، ابتدا برش‌های کیوی در محلول اسمزی غوطه‌ور و پس از اتمام فرآیند، نمونه خارج و رطوبت سطحی توسط کاغذ صافی حذف و در محلول هیدروکلئیدی مربوطه، پوشش‌دهی گردید. نمونه‌ها روی توری سیمی جهت جدا شدن ژل‌های اضافی سطحی قرار گرفت و سپس به مرحله بعدی یعنی فرآیند سرخ کردن عمیق هدایت شد. همچنین، یک نمونه نیز به عنوان شاهد (C₀) بدون پوشش‌دهی سرخ گردید.

سرخ کردن عمیق: عملیات سرخ کردن عمیق در یک سرخ‌کن خانگی (Prestige، مدل 50318، ساخت U.A.E) مجهز به ترموستات دارای قابلیت کنترل دما به حجم 1/5 لیتر و از جنس استیل ضد زنگ انجام گرفت. در عملیات سرخ کردن از روغن سرخ‌کردنی آفتابگردان (تولید شرکت بهار، ایران) به دلیل نقطه دود بالا (17) استفاده گردید. روغن تازه حدوداً نیم ساعت قبل از سرخ کردن تحت فرآیند پیش‌گرمایش قرار گرفت. دستگاه جهت اطمینان از تماس خوب نمونه و روغن، مجهز به یک سبد سیمی بود. بعد از تنظیم دمای محیط سرخ‌کن در 180°C (کنترل دما توسط

بررسی خصوصیات کیفی چیس کیوی: جدول 2، نتایج آنالیز واریانس برخی از خصوصیات کیفی چیس کیوی را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، نوع پیش تیمار و پوشش تأثیر معنی‌دار ($p < 0/05$) بر مقدار رطوبت، جذب روغن، درصد پوشش‌دهی، راندمان سرخ کردن و اتلاف آب در حین سرخ کردن، داشت. با توجه به تأثیر معنی‌دار ($p < 0/05$) نوع پیش تیمار و پوشش روی مقدار رطوبت برش‌های کیوی، بیشینه‌ی محتوی رطوبت با اختلاف معنی‌دار در نمونه شاهد و پوشش‌دهی شده با صمغ کربوکسی متیل سلولز مشاهده شد. نتایج تأثیر نوع پیش تیمار و پوشش روی جذب روغن نشان داد که، بیشینه‌ی جذب روغن در نمونه پیش تیمار شده با اسمز-فراصوت و پوشش یافته با ژل آلورا مشاهده گردید (جدول 2). همچنین کمترین جذب روغن در چیس کیوی پیش تیمار شده با آبیگری اسمزی و پوشش یافته با محلول 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در ژل آلورا مشاهده گردید.

بیشترین و کمترین راندمان سرخ کردن به ترتیب مربوط به نمونه کیوی فراوری شده با پیش تیمار آبیگری اسمزی و پوشش یافته با محلول 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در ژل آلورا و نمونه شاهد کیوی و پوشش یافته با محلول 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در ژل آلورا می‌باشد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که نوع پوشش‌های خوراکی مورد استفاده تأثیر معنی‌دار ($p < 0/05$) بر درصد پوشش‌دهی نمونه‌ها داشت (جدول 2).

رطوبت نمونه سرخ شده به روش آون‌گذاری در دمای 105°C به مدت 24 ساعت انجام گرفت (17). همچنین تعیین مقدار چربی نمونه سرخ شده به روش وزن‌سنجی و از طریق موازنه جرم (Mass balance) تعیین گردید.

آنالیز آماری: آنالیز آماری ویژگی‌های کیفی چیس کیوی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین داده با استفاده از آزمون LCD در سطح احتمال 95 درصد انجام گرفت. متغیرها مستقل فرآیند شامل نوع پیش فرآیند (بدون پیش تیمار، آبیگری اسمزی و اسمز-فراصوت)، زمان سرخ کردن (0، 60، 120، 180 و 240 ثانیه) و نوع پوشش خوراکی (C_0 ، C_1 ، C_2 و C_3) بودند. متغیرهای وابسته شامل مقدار رطوبت، جذب روغن، راندمان سرخ کردن، درصد پوشش‌دهی و اتلاف آب طی سرخ کردن می‌باشند. جهت آنالیز آماری از نرم افزار Statistix نسخه 8 استفاده گردید.

• یافته‌ها

پیش فرآیند: به منظور فرآیند سرخ کردن عمیق چیس کیوی از دو پیش تیمار آبیگری اسمزی و اسمز-فراصوت استفاده گردید. مقادیر کاهش آب (WL)، جذب مواد جامد (SG)، نسبت WL/SG، محتوی رطوبت و آفت وزن (WR) برای نمونه‌ها محاسبه گردید. مقادیر این پارامترها در جدول 1 نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، میزان جذب مواد جامد و کاهش آب نمونه طی پیش فرآیند اسمز-فراصوت نسبت به نمونه آبیگری شده به تنهایی بالاتر می‌باشد.

جدول 1. پارامترهای آبیگری اسمزی چیس کیوی در پیش تیمارهای مختلف

پارامترهای آبیگری اسمزی					نوع پیش فرآیند
MC	WR	WL/SG	WL	SG	
6/46	-	-	-	-	شاهد
3/796	0/0406	1/616	0/1066	0/0660	آبیگری اسمزی
2/992	0/0990	2/080	0/1906	0/0916	اسمز-فراصوت

WL کاهش آب (گرم/گرم میوه تازه)، SG جذب مواد جامد (گرم/گرم میوه تازه)، WL/SG نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد (بدون بُعد)، WR آفت وزن (گرم/گرم میوه تازه)، MC مقدار رطوبت (d.b.).

جدول 2. مقایسه میانگین تأثیر نوع پوشش خوراکی و روش پیش فرآیند بر خصوصیات کیفی چیپس کیوی طی سرخ کردن عمیق

میانگین						
پیش فرآیند	پوشش خوراکی	مقدار رطوبت (مبنای خشک)	جذب روغن (گرم/گرم ماده خشک)	پوشش دهی (%)	راندمان سرخ کردن (%)	اتلاف آب طی سرخ کردن (گرم/گرم)
	C ₀	1/8396 ^a	0/3646 ^{ab}	00/00 ^g	56/159 ^{de}	0/6941 ^a
بدون پیش تیمار	C ₁	1/9925 ^a	0/3627 ^{ab}	22/01 ^{de}	59/083 ^{bcd}	0/6713 ^{ab}
	C ₂	1/9771 ^a	0/3368 ^{ab}	16/46 ^{ef}	58/557 ^{de}	0/6767 ^{ab}
	C ₃	1/8564 ^a	0/3356 ^{ab}	25/41 ^{cd}	55/219 ^e	0/6741 ^{ab}
آبگیری اسمزی	C ₀	1/2805 ^{bc}	0/3516 ^{ab}	00/00 ^g	58/421 ^{de}	0/6799 ^a
	C ₁	1/4128 ^b	0/3218 ^{ab}	25/18 ^{cd}	64/141 ^{ab}	0/6425 ^{ab}
	C ₂	1/3324 ^b	0/3702 ^{ab}	15/14 ^f	61/021 ^{abcd}	0/6743 ^{ab}
اسمز-فراصوت	C ₃	1/3991 ^b	0/3043 ^b	35/90 ^a	66/137 ^a	0/6238 ^b
	C ₀	1/0505 ^c	0/3806 ^{ab}	00/00 ^g	55/615 ^e	0/6939 ^a
	C ₁	1/0687 ^c	0/3945 ^a	31/15 ^{ab}	58/849 ^{de}	0/6950 ^a
	C ₂	1/2448 ^{bc}	0/3381 ^{ab}	18/91 ^{ef}	62/663 ^{abc}	0/6514 ^{ab}
	C ₃	1/0655 ^c	0/3553 ^{ab}	29/81 ^{bc}	61/308 ^{abcd}	0/6733 ^{ab}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال 95% با استفاده از آزمون LSD تفاوت معناداری ندارند.

C₀ بدون پوشش؛ C₁ محلول 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در آب مقطر؛ C₂ محلول ژل آلوورا و C₃ محلول 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در ژل آلوورا

جدول 3. جمع‌بندی امتیازات حاصل از آزمایشات سرخ کردن

جمع امتیازات	راندمان سرخ کردن	جذب روغن	تیمار
-	-	-	C ₀ T ₀
2	-	**	C ₀ T ₁
-	-	-	C ₀ T ₂
3	**	*	C ₁ T ₀
7	****	***	C ₁ T ₁
2	**	-	C ₁ T ₂
2	-	**	C ₂ T ₀
2	**	-	C ₂ T ₁
5	***	**	C ₂ T ₂
3	-	***	C ₃ T ₀
8	****	****	C ₃ T ₁
5	***	**	C ₃ T ₂
39	20	19	جمع امتیازات

****؛ بالاترین امتیاز، ***؛ امتیاز متوسط، **؛ امتیاز کم، *؛ امتیاز خیلی کم، بدون ستاره؛ مردود.

C₀ بدون پوشش؛ C₁ محلول 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در آب مقطر؛ C₂ محلول ژل آلوورا و C₃ محلول 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در ژل آلوورا.

T₀ شاهد؛ T₁ آبگیری اسمزی؛ T₂ اسمز-فراصوت

تعیین شرایط بهینه: جهت تعیین شرایط بهینه (از لحاظ

نوع پوشش و پیش تیمار)، تیمارهای مورد بررسی با برخی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی محصول نهایی (نظیر جذب روغن و راندمان سرخ کردن) امتیازدهی گردید. شرایط بهینه برای بهترین چیپس، کمترین جذب روغن و بیشترین راندمان سرخ کردن بود. به طوری که در مورد شاخص‌های جذب روغن و راندمان سرخ کردن به ترتیب بیشترین امتیاز به نمونه دارای کمترین جذب روغن و بیشترین راندمان سرخ کردن تعلق گرفت. حال با توجه به قیود فوق، فرآیند امتیازدهی تیمارها مورد بررسی و نتایج در جدول 3 ثبت گردید. بعد از فرآیند امتیازدهی، شرایط بهینه مربوط به نمونه‌ای است که از لحاظ شاخص‌های کیفی مورد بررسی بیشترین امتیاز لازم را کسب نماید. در مجموع از بین 12 تیمار مورد بررسی تنها چیپس کیوی فرآوری شده با آبگیری اسمزی و پوشش یافته با محلول کربوکسی متیل سلولز در ژل آلوورا (یعنی C₃T₁) کلیه امتیازات و قیود مربوطه را کسب و به عنوان بهترین تیمار معرفی گردید. در ادامه به بررسی پروفایل انتقال جرم چیپس کیوی تولیدی در شرایط بهینه می‌پردازیم.

• بحث

پیش فرآیند: میزان جذب مواد جامد و کاهش آب نمونه فرآوری شده با اسمز-فراصوت نسبت به نمونه آبیگری شده به روش اسمزی بالاتر می‌باشد. برخی محققین بیان نمودند که، این حالت به علت شکاف‌های میکروسکوپی ایجاد شده در بافت نمونه به دلیل پدیده حفره‌زایی (Cavitation) بوده که سبب افزایش انتقال جرم نمونه و کاهش هر چه بیشتر رطوبت محصول می‌گردد (20، 21).

سرخ کردن عمیق: جذب روغن و آفت رطوبت دو فاکتور اصلی در پدیده انتقال جرم طی سرخ کردن عمیق می‌باشند. نرخ این فرآیند به طور مستقیم وابسته به زمان و دمای سرخ کردن می‌باشد (22، 23). دمای بالای روغن، طی سرخ کردن عمیق منجر به تبخیر تدریجی آب از ماده غذایی به محیط سرخ شونده و در مقابل طبق مکانیسم انتقال جرم، جذب روغن از طریق ماده غذایی می‌گردد (24). نظر به اینکه جذب روغن یک پدیده سطحی است و روغن می‌تواند در جایی که آب تبخیر می‌گردد، نفوذ نماید (25، 13). بنابراین، آفت رطوبت و جذب روغن دو پدیده همراستا و وابسته به هم می‌باشند. نتایج نشان داد که نمونه‌های فرآوری شده با اسمز-فراصوت بیشترین جذب روغن و کمترین مقدار رطوبت را نسبت به سایر روش‌های فرآوری داشتند. این حالت به علت تغییرات ریزساختاری ایجاد شده در بافت نمونه می‌باشد (20، 21). همچنین افزایش راندمان سرخ کردن نمونه فرآوری شده با پیش تیمار اسمز-فراصوت در مقایسه با نمونه شاهد را می‌توان به جذب بالای روغن طی سرخ کردن عمیق به دلیل فروپاشی بافت سلولی نمونه دانست. دارایی و همکاران (2011) و Williams and Mittal (1999) بیان نمودند که پوشش‌دهی با مواد هیدروکلوئیدی منجر به افزایش مقدار رطوبت و کاهش جذب روغن فرآورده سرخ شده می‌گردد. این حالت به دلیل خاصیت سدکنندگی پوشش‌ها و ممانعت از خروج رطوبت در هنگام سرخ شدن می‌باشد (26، 11، 3). پارساپور و لامع (1383) امکان تولید چیپس سیب‌زمینی با روش خشک کردن را مورد مطالعه قرار دادند. برای این منظور برگه‌های سیب‌زمینی پس از

خشک شدن به نسبت‌های صفر، 5 و 10 درصد روغن به حالت سرد و گرم (80-75 درجه سانتیگراد) روی آنها افشانه شد. نتایج نشان داد که نمونه آزمایشی تولید شده با 10% روغن، از نظر ویژگی‌های منفی نظیر میزان نمک، روغن و مقدار پراکسید، کمتر از شاهد بود (27). در پژوهشی دیگر، دلوی و همکاران (1389) تأثیر آنزیم‌بری و خیساندن در محلول‌های اسمزی را بر جذب روغن و ارزیابی حسی چیپس سیب‌زمینی تولیدی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که پیش تیمار خیساندن در مخلوط کلرور سدیم و کلرور کلسیم 1 درصد بالاترین درصد کاهش جذب روغن (63/03 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 1 درصد، مخلوط کلرور پتاسیم و کلسیم 1 درصد و نمونه‌های بلانچ شده در محلول کلرور کلسیم 2 درصد بود (28). جوکار و همکاران (1385) تولید آزمایشگاهی چیپس سیب‌زمینی کم‌چربی را با استفاده از پوشش هیدروکلوئیدی مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که پوشش 5 درصد پکتین به دلیل بالاترین درصد کاهش جذب روغن و بالاترین پذیرش کلی و بالاترین درصد پراکسید و افزایش عمر نگهداری، مناسب‌ترین پوشش تشخیص داده شد (29).

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از پوشش هیدروکلوئیدی بر پایه ژل آلوا باعث کاهش درصد جذب روغن در چیپس کیوی شد. همچنین پیش تیمار آبیگری اسمزی بیشترین تأثیر را در کاهش جذب روغن و حفظ محتوی رطوبت نمونه، در مقایسه با سایر پیش تیمارها داشت. به طور کلی، نتایج بهینه‌سازی تولید چیپس کیوی کم‌چرب نشان داد که چیپس کیوی تهیه شده با پیش تیمار آبیگری اسمزی و پوشش یافته با محلول 1% (w/v) کربوکسی متیل سلولز در ژل آلورا به عنوان بهترین تیمار جهت تولید معرفی گردید.

• References

1. Hubbard LJ, Farkas BE. Influence of oil temperature on heat transfer during immersion frying. *Food Proc and Preser* 2000; 24: 143-162.
2. Bhat KK, Bhattacharya S. Deep fat frying characteristics of chickpea flour suspensions. *Int J Food Sci Tech* 2001; 36: 499-507.
3. Daraei Garmakhany A, Aghajani N, Kashiri M. Use of hydrocolloids as edible covers to produce low fat French fries. *Latin Ameri Appl Res* 2011; 41: 211-216.
4. Sahin S, Sumnu SG. *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. CRC press. New York 2009.
5. Kim DN, Lim J, Bae IY, Lee HG, Lee S. Effect of hydrocolloid coatings on the heat transfer and oil uptake during frying of potato strips. *Food Eng* 2011; 102: 317-320.
6. Hershko V, Nussinovitch A. The behavior of hydrocolloid coatings on vegetative materials. *Biotech Progress* 1998; 14 (5): 756-765.
7. Kampf N, Nussinovitch A. Hydrocolloid coating of cheeses. *Food Hydrocolloids* 2000; 14 (6): 531-537.
8. Albert S, Mittal GS. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. *Food Res Int* 2002; 35 (5): 445-458.
9. García MA, Ferrero C, Bértola N, Martino M, Zaritzky N. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. *Innova Food Sci Emer Tech* 2002; 3 (4): 391-397.
10. Mallikarjunan P, Chinnan MS, Balasubramaniam VM, Phillips RD. Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. *LWT* 1997; 30 (7): 709-714.
11. Williams R, Mittal GS. Water and fat transfer properties of polysaccharide films on fried pastry mix. *LWT* 1999; 32 (7): 440-445.
12. Fiszman SM, Salvador A. Recent developments in coating batters. *Trends in Food Sci Tech* 2003; 14 (10): 399-407.
13. Mellema M. A review. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Sci Tech* 2003; 14: 364-373.
14. Boghani AH, Raheem A, Hashmi SI. Development and Storage Studies of Blended Papaya-Aloe vera Ready to Serve (RTS) Beverage. *Food Proc Tech* 2012; 3: 10.
15. Lalam S, Sandhu JS, Takhar PS, Thompson LD, Alvarado C. Experimental study on transport mechanisms during deep fat frying of chicken nuggets. *LWT* 2013; 50: 110-119.
16. Amiryousefi MR, Mohebbi M, Khodaiyan F. Kinetics of Mass Transfer in Microwave Precooked and Deep-Fat Fried Ostrich Meat Plates. *Food Bioproc Technol* 2012; 5: 939-946.
17. Dehghan Nasiri F, Mohebbi M, Tabatabaee Yazdi F, Haddad Khodaparast MH. Kinetic modeling of mass transfer during deep fat frying of fried shrimp nugget prepared without a pre-frying step. *Food and Bioproducts Proce* 2011; 89: 241-247.
18. AOAC. *Official methods of analysis*. Washington: Association of Official Analytical Chemists 1990.
19. Amami E, Fersi A, Khezami L, Vorobiev E, Kechaou N. Centrifugal osmotic dehydration and rehydration of carrot tissue pre-treated by pulsed electric field. *LWT* 2007; 40: 1156-1166.
20. Fernandes FAN, Gallão MI, Rodrigues S. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *LWT*, 2008; 41: 604-610.
21. Eren I, Kaymak-Ertekin F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Food Eng* 2007; 79: 344-352.
22. Cuesta C, Romero A, Sanchez-Muniz FJ. Fatty acid changes in high oleic acid sunflower oil during successive deep-fat frying of frozen foods. *Food Sci Tech Intl* 2001; 7 (4): 317-328.
23. Ngadi M, Li Y, Oloka S. Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation. *LWT* 2007; 40: 1784-1791.
24. Moyano PC, Pedreschi F. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments *LWT* 2006; 39: 285-291.
25. Duran M, Pedreschi F, Moyano P, Troncoso E. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. *Food Eng* 2007; 81: 257-265.
26. Dogan SF, Sahin S, Sumnu G. Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality

- of deep-fat fried chicken nuggets. *Food Eng* 2005; 71: 127-132.
27. Parsapour MM, Lameh H. Possibility production of potato chips through dried method. *Iranian J Food Sci Technol* 2004; 1(2): 15-22 [in Persian].
28. Dalvi M, Daraei Garmakhany A, Aghajani, N, Daneshpour G, Hosseinian M, Mohammadi N. Effect of blanching and soaking in osmotic solutions on oil uptake and sensory evaluation of production potato chips. *Iranian J Food Technol Nutrition* 2012; 9(4): 67-76 [in Persian].
29. Jokar M, Nikpour H, Amin Lari M, Ramezani R, Mazlomi MT. In vitro production of low-fat potato chips by using hydrocolloid coating. *Iranian J Nutrition Sci Food Technol* 2007; 1(3): 9-17 [in Persian].

Production of low-fat kiwi chips with aloe vera gel and determination of the mass transfer profile in deep fat frying

Mokhtarian M^{*1}, Tavakolipour H²

1- * Corresponding author: Ph.D. Student in Food Science and Technology, Young Researchers and Elite Club, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran. Email: mokhtarian.mo@gmail.com

2- Associate Prof, Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

Received 22 Oct, 2013

Accepted 14 Feb, 2014

Background and objective: Considering the harmful effects of oil from a nutritional point of view on the one hand, and high oil uptake in fried products on the other, reducing the amount of oil in frying is essential. In this study, feasibility of producing low-fat kiwi chips based on aloe vera gel and the influence of various pre-treatment methods on reducing oil uptake of the product were investigated.

Materials and methods: To produce low-fat kiwi chips, the effect of coating type (CMC gum and aloe vera gel) and pretreatment (osmotic dehydration and osmo-ultrasound) on the mass transfer of fried kiwi chips were investigated. The qualitative tests carried out on the samples included determination of moisture content, oil uptake, fried yield, coating percentage and water loss during frying.

Results: The result indicated that, as compared to the control (blank) and osmo-ultrasound samples, osmotic dehydration pretreatment in the experimental sample could reduce oil uptake of kiwi chips. The results of optimization of the method of kiwi chips production showed that kiwi chips prepared with osmotic dehydration pretreatment and coated with 1% CMC in aloe vera gel (i.e. C₃T₁) was the best treatment for production of low-fat kiwi chips.

Conclusion: The result of this study show that aloe vera gel as a hydrocolloid compound can reduce oil uptake during deep fat frying.

Keywords: Osmotic dehydration, Edible coating, Aloe vera gel, Ultrasound