

# بررسی تاثیر پوشش دهی برش های بادمجان در کاهش روغن در طول فرآیند سرخ کردن

الهام آزادفر<sup>۱\*</sup>، امیرحسین الهامی راد<sup>۱</sup>، اکرم شریفی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

<sup>۲</sup> گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۴/۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۹/۱۱

## چکیده

در این تحقیق بررسی تاثیر پیش تیمارهای مختلف (شیمیایی و پوشش دهی با ترکیبات هیدروکلوئیدی) بر سرخ کردن به عنوان یک راهکار برای کاهش جذب روغن و بهبود افزایش ماندگاری بادمجان سرخ شده مورد ارزیابی قرار گرفت. برای فرآیند پوشش دهی با ترکیبات هیدروکلوئیدی از دو ترکیب پکتین (۲٪ و ۴٪) و کربوکسی متیل سلولز (۲٪ و ۴٪) و تیمارهای آنزیم بری با آب داغ و بخار استفاده شد. برای فرآیند شیمیایی از محلولهای نمک طعام ۴٪ و متابی سولفیت سدیم ۰٫۱٪ استفاده شد سپس عملیات سرخ کردن عمیق در دمای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد و در زمان ۲ و ۴ دقیقه انجام گرفت و خصوصیات فیزیکی شیمیایی همچون مقدار رطوبت، تغییرات نسبی جذب روغن، اندازه گیری جذب روغن، راندمان سرخ کردن، درصد پوشش دهی، قهوه ای شدن غیر آنزیمی و تغییرات رنگ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نوع پیش تیمار روی خصوصیات مقدار رطوبت، جذب روغن، تغییرات نسبی جذب روغن، راندمان سرخ کردن، درصد پوشش دهی برش های بادمجان بعد از سرخ کردن در سطح آماری یک درصد، تأثیر معنی دار داشت. زمان و دمای سرخ کردن، بادمجان با اختلاف آماری معنی دار ( $P < 0/01$ ) در برش های سرخ شده در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد مشاهده شد.

**واژه های کلیدی:** سرخ کردن عمیق، جذب روغن، بادمجان، پکتین، کربوکسی متیل سلولز.

۱- مقدمه

این محصولات موثر بوده است (۲۲). پژوهش‌های مختلفی در زمینه سرخ کردن محصولات کشاورزی توسط محققین مختلف منتشر شده است. عیسی و همکاران (۲۰۱۳) بهینه سازی کاهش روغن در حلقه های بادمجان سرخ شده را مطالعه نمودند. آنها تاثیر پیش تیمار حرارتی با استفاده از آنزیم بری با آب و بخار و پیش تیمار شیمیایی توسط خیساندن در کیتوزان، کربوکسی متیل سلولز یا کلرید سدیم را بر روی محتوای رطوبت، جذب روغن، ارزیابی حسی، رنگ و خصوصیات کیفیت بادمجان سرخ کردن را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که نمونه شاهد کمترین میزان جذب روغن را داشته و پس از آن نمونه تحت تیمار کلرید سدیم و در ادامه نمونه های پوشش یافته با کیتوزان و بخار جذب روغن کمتری نسبت به نمونه های پوشش یافته با کربوکسی متیل سلولز و آب داغ را داشته است (۱۲). باربوت (۲۰۱۳) تاثیر پوشش دهی را روی ویژگیهای ریزساختاری، رنگ و بافت تکه های گوشت کم چرب<sup>۸</sup> را طی سرخ کردن مطالعه نمود. در این مطالعه فیله سینه جوجه بدون استخوان بدون پوست، به صورت عمیق در دمای ۱۹۰ درجه سانتیگراد با و بدون شیرآبه و سیستم پوشش پخت برای مدت ۶ دقیقه سرخ شد. نمونه های بدون پوشش به محض اینکه در روغن قرار گرفتند سطح ماهیچه به صورت شکافدار شد (۷). یوسفی و همکاران (۲۰۱۲) سینتیک انتقال جرم در ورقه های گوشت شترمرغ سرخ شده همراه با پیش پخت با مایکروویو را بررسی نمودند. تاثیر سطح توان مایکروویو، دمای سرخ کردن و زمان سرخ کردن بر روی ضریب انتقال جرم تعیین گردید. در میان کلیه تیمارها، نمونه پیش پخت شده در توان مایکروویو ۵/۲۳ وات بر گرم و سپس سرخ شده در دمای ۱۳۵ درجه سانتیگراد کمترین محتوای روغن را داشت. دامنه ضریب نفوذ موثر رطوبت  $1/47 \times 10^8$  تا  $4/17 \times 10^8$  بود. انرژی فعالسازی توسط رابطه آرنیوس در دامنه انتشار رطوبت مؤثر بین ۳۸/۸۴ تا ۵۱/۰۷ kJ/mol بدست آمد (۶). دیامنت و همکاران (۲۰۱۲) بهینه سازی فرایند سرخ کردن تحت خلاء برش های کیوی طلایی را توسط سطح پاسخ بررسی نمودند. نتایج نشان داد که با افزایش دما و زمان سرخ کردن مقدار رطوبت کاهش یافت. همچنین با افزایش دمای سرخ کردن تغییرات رنگ افزایش یافت. اندیس قهوه ای شدن نمونه ها نیز با افزایش دما و زمان سرخ کردن افزایش یافت

سرخ کردن عمیق یکی از قدیمی ترین فرآیندهای آماده سازی مواد غذایی است. این فرآیند تحت عنوان غوطه ور کردن ماده غذایی در یک روغن خوراکی در دمایی بالاتر از نقطه جوش آب تعریف میگردد. در طول این فرآیند انتقال همزمان جرم و حرارت صورت می گیرد (۱۵). در طی سرخ کردن عمیق مواد غذایی، برخی از واکنش های بیوشیمیایی نظیر تغییرات رنگ پوسته، دناتوراسیون پروتئین ها، اُفت ترکیبات فرار، واکنش مایلارد و غیره ایجاد می شود. امروزه تشکیل آکریل آمیدها به عنوان عوامل بالقوه سرطانزا اهمیت کنترل دقیق فرآیند سرخ کردن عمیق را بیش از پیش ضروری نموده است. بنابراین این عوامل میتوانند کیفیت فرآورده نهایی را کاهش و مقبولیت پذیرش مصرف کننده را کم نمایند. از طرف دیگر، علاوه بر موارد فوق، کاهش جذب روغن یکی از مهمترین فاکتورها در کنترل کیفی فرآیند نهایی می باشد. یکی از پیش فرآیندهای بکار رفته قبل از سرخ کردن پوشش دهی با ترکیبات هیدروکلوئیدی (نظیر کربوکسی متیل سلولز، زانتان، کاراگینان و تراگانکت و غیره) می باشد (۲۲). نظر به اینکه ویژگیهای سطحی مواد غذایی، جذب روغن را طی سرخ کردن عمیق تحت تاثیر قرار می دهد، اصلاح سطح توسط عوامل هیدروکلوئیدی می تواند 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<sup>۱</sup>، متیل سلولز<sup>۲</sup>، پکتین<sup>۳</sup>، آلژینات<sup>۴</sup>، کاراگینان<sup>۵</sup>، صمغ دانه خرنوب<sup>۶</sup> و صمغ ژلان<sup>۷</sup> مورد آزمون قرار گرفته است (۱۳، ۱۸، ۲۴). پوشش دهی سیب زمینی با هیدروکلوئیدها و یا نشاسته اصلاح شده، به عنوان یک روش ثانویه جهت کاهش جذب روغن طی سرخ کردن است. افزودن پودر سلولز یا مشتقات سلولز یا مخلوط دونات، جذب روغن را به دلیل ویژگی های ژلاتیناسیون حرارتی و تشکیل فیلم، کاهش می دهد. به علاوه، تکنیک های سرخ کردن نظیر سرخ کردن در خلاء، فشار و یا مایکروویو جهت کاهش جذب روغن در

<sup>1</sup> Hydroxypropyl methyl cellulose

<sup>2</sup> Methyl cellulose

<sup>3</sup> Pectins

<sup>4</sup> Alginate

<sup>5</sup> Carrageenan

<sup>6</sup> Locust bean gum

<sup>7</sup> Gellan gum

<sup>8</sup> Lean meat portions

سپس به بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فرآورده پرداخته شد.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- آماده سازی ماده اولیه

به منظور انجام این پژوهش بادمجان گلخانه ای واریته Solanom melogena به عنوان ماده خام اولیه از بازار محلی سبزوار بصورت فله خریداری گردید.

پکتین نارنگی و کربوکسی متیل سلولز ساخت شرکت سیگما آلدریچ استفاده شد. نمک طعام و متابی سولفیت سدیم ساخت شرکت مرک آلمان استفاده شد. آب مقطر بدون یون ساخت شرکت زیمنس واز روغن سرخ کردنی آفتابگردان ساخت شرکت بهاراستفاده شد.

### ۲-۲- پیش تیمارها و فرآیند سرخ کردن عمیق برش های بادمجان

پس از نمونه برداری به صورت تصادفی سرخ کردن بادمجان در مقیاس آزمایشگاهی به شرح ذیل صورت گرفت.

پس از خریداری بادمجان، به منظور کاهش فعالیت های تنفسی و بیولوژیکی تا زمان آزمایش در یخچال در ۴-۵ درجه سانتیگراد نگهداری گردید. پس از خروج از یخچال نمونه های بادمجان با پوست براق و ارغوانی تیره و دارای اندازه یکنواخت جهت آزمایشات انتخاب شدند. نمونه های منتخب شستشو و مواد خارجی روی پوست بادمجان ها جدا شدند. سپس پوست بادمجان ها توسط یک چاقوی تیز جدا گردید. در ادامه، توسط دستگاه برش زن به برش های حلقوی با ضخامت ۱۰ میلی متر تقسیم گردید. جهت یکسانتر بودن برش ها، قطر و ضخامت توسط کولیس (ورتنکس مدل M502، ساخت چین با دقت ۰،۰۱ میلی متر) کنترل شد (۲). پیش تیمارهای مورد استفاده جهت سرخ کردن عمیق برش های بادمجان به صورت زیر انتخاب گردید:

- نمونه شاهد<sup>۲</sup>: هیچگونه تیماری بر روی آنها انجام نگرفت.  
- پوشش دهی با ترکیبات هیدروکلئیدی: برای فرآیند پوشش دهی از پکتین (۲٪ و ۴٪) و کربوکسی متیل سلولز (۲٪ و ۴٪) استفاده شد. فرآیند پوشش دهی در دمای اتاق انجام گردید. فرآیند پوشش دهی به مدت ۲۰ دقیقه به طول انجامید. برش ها

(۱۰). دهقان نصیری و همکاران (۲۰۱۱)، مدل سازی سینتیک انتقال جرم ناگت خرچنگ سرخ شده به روش عمیق در شرایط مختلف فرمولاسیون خمیرآبه مورد بررسی قرار دادند. آنها اظهار نمودند که بیشترین کاهش جذب روغن در نمونه پوشش دهی شده با ۱۰٪ آرد سویا و سرخ شده در ۱۹۰ درجه سانتیگراد مشاهده گردید (۹). دارایی و همکاران (۲۰۱۱)، بکارگیری پوشش های خوراکی و هیدروکلئیدها را جهت تولید خلال سیب زمینی سرخ شده کم چرب ۱ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نمونه های پوشش دهی شده با صمغ زانتان و پکتین و مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز دارای بیشترین محتوای رطوبت بود (۸). نیون کیم و همکاران (۲۰۱۱) تاثیر پوشش های هیدروکلئیدی را بر روی انتقال حرارت و جذب روغن طی سرخ کردن عمیق قطعات سیب زمینی را مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که پوشش های خوراکی به طورمعنی داری ضرایب انتقال حرارت را کاهش داد، همچنین پوشش های خوراکی جذب روغن را کاهش داده به طوری که افزایش غلظت پوشش تاثیر قابل ملاحظه ای بر این موضوع داشت (۲۱). پارساپور و لامع (۱۳۸۳) امکان تولید چیپس سیب زمینی با روش خشک کردن را مورد مطالعه قرار دادند. برای این منظور برگه های سیب زمینی پس از خشک شدن به نسبت های صفر، ۵ و ۱۰ درصد روغن به حالت سرد و گرم (۷۵-۸۰ درجه سانتیگراد) روی آنها پاشیده شد. نتایج نشان داد که نمونه آزمایشی تولید شده با ۱۰٪ روغن، از نظر ویژگی های منفی نظیر میزان نمک، روغن و مقدار پراکسید، کمتر از شاهد بود (۱). جوکار و همکاران (۱۳۸۵) تولید آزمایشگاهی چیپس سیب زمینی کم چربی را با استفاده از پوشش هیدروکلئیدی مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که پوشش ۵ درصد پکتین به دلیل بالاترین درصد کاهش جذب روغن و بالاترین پذیرش کلی و بالاترین کاهش در عدد پراکسید و افزایش عمرنگهداری، مناسبترین پوشش تشخیص داده شد (۳). در این تحقیق بررسی تاثیر پیش تیمارهای مختلف (شیمیایی و پوشش دهی با ترکیبات هیدروکلئیدی) بر سرخ کردن به عنوان یک راهکار برای کاهش جذب روغن و بهبود افزایش ماندگاری بادمجان سرخ شده مورد ارزیابی قرار گرفت

<sup>2</sup> Blank

<sup>1</sup> French fries

کد	تیمار
To	شاهد
T1	۲٪ کربوکسی متیل سلولز
T2	۴٪ کربوکسی متیل سلولز
T3	پکتین ۲٪
T4	پکتین ۴٪
T5	تیمارشیمیایی
T6	آنزیم بری بابخار آب داغ
T7	آنزیم بری با آب داغ

### ۳-۲- تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر در سرخ کردن بادمجان

۳-۲-۱- محتوای رطوبت  
 رطوبت نمونه‌های سرخ شده به روش استاندارد AOAC (۱۹۹۰) از طریق قرار دادن نمونه‌ها در آن (مدل Ksvoosh Mega)، در دمای ۱۰۵±۰/۵ درجه سانتیگراد تا دستیابی به وزن ثابت اندازه‌گیری شدند (۹).

### ۳-۲-۲- تغییرات نسبی جذب روغن<sup>۶</sup>

تغییرات نسبی جذب روغن به صورت زیر محاسبه شد.  
 (۱)

$$OUR = \frac{OU_{Untreated} - OU_{treated}}{OU_{Untreated}} \times 100$$

برای هر یک از زمانهای سرخ کردن و پیش فرآیندها مقدار تغییرات نسبی جذب روغن محاسبه شد (۱۴).

### ۳-۳-۲- اندازه‌گیری جذب روغن

جذب روغن محصول سرخ شده توسط موازنه جرم تعیین شد.  
 (۲)

### ۳-۳-۴- راندمان سرخ کردن

راندمان سرخ کردن به کمک رابطه ی زیر محاسبه شد:

$$Y(\%) = \frac{F}{NF} \times 100 \quad (۲)$$

در این معادله Y(%), F, NF به ترتیب راندمان سرخ کردن بر حسب (%), وزن برش های پوشش دار (بدون پوشش یا شاهد)

بعد از خروج از محلول های هیدروکلوئیدی فوق الذکر، به مدت ۵ دقیقه با کاغذ صافی خشک گردید. در نهایت برای تثبیت پوشش، نمونه ها به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد در یک آون خشک (Memmert, model UNE 400 PA, Scheabach, Germany) و سپس تحت فرآیند سرخ کردن عمیق قرار گرفتند (۲۳، ۱۶، ۱۴).

- آنزیم بری با آب داغ<sup>۱</sup> و بخار<sup>۲</sup>: نمونه ها در آب داغ و بخار به مدت ۳ دقیقه بلانچ شدند و سپس روی یک توری فلزی قرار گرفته تا آب اضافی آنها خارج شود (۱۴).

- تیمار شیمیایی<sup>۳</sup>: نمونه ها به طور جداگانه در محلول های نمک طعام (مرک<sup>۴</sup>)، بادرجه خلوص ۱۰۰٪، ساخت شرکت آلمان) ۴٪ و متابی سولفیت سدیم<sup>۵</sup> (مرک، آلمان)، (۰/۱٪ به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق غوطه ور شدند (۱۴). عملیات سرخ کردن عمیق در یک سرخ کن خانگی (Ultra Europe Classic2000) انجام گرفت. در عملیات سرخ کردن از روغن سردنی آفتابگردان استفاده گردید (۱۴). روغن تازه حدوداً نیم ساعت قبل از سرخ کردن تحت فرآیند پیش گرمایش قرار گرفت. بعد از تنظیم دمای روغن سرخ کن در ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد نمونه ها در داخل سبد سیمی قرار گرفته و سپس در محیط سرخ کننده غوطه ور گردید. روغن سرخ کردنی پس از گذشت مدت ۲ ساعت سرخ کردن مداوم، با روغن تازه جایگزین گردید. بعد از گذشت مدت زمان های مربوطه نمونه ها از روغن خارج و روغن اضافی سطحی توسط کاغذ صافی حذف شد. نمونه ها قبل از انجام آزمون های بعدی تا دمای اتاق سرد شد. فرآیند سرخ کردن در ۳ تکرار انجام گردید (۱۴).

در جدول ۱ مشخصات تیمارهای بکار رفته در سرخ کردن برش های بادمجان نشان داده شده است.

جدول ۱- کد تیمارهای بکار رفته در سرخ کردن برش های بادمجان.

- 1 Water blanching
- 2 Steam blanching
- 3 Chemical treatment
- 4 MERCK
- 5 Sodium metabisulfite (So2)

<sup>6</sup> Oil uptake relative variation % (OUR)

به منظور اندازه گیری شاخص قهوه‌ای شدن<sup>۱</sup> برش های بادمجان طی فرآیند سرخ کردن از روش پیشنهادی زیر استفاده گردید . شاخص قهوه‌ای شدن با استفاده از رابطه زیر اندازه‌گیری شد (۱۶).

$$BI = \frac{(x-0.31)}{0.17} \times 100 \quad (5)$$

در این رابطه X به صورت زیر محاسبه می‌گردد :

$$x = \frac{(a+1.75L)}{(5.645L+a-3.012b)} \quad (6)$$

### ۲-۳-۸- ارزیابی حسی

آزمون ارزیابی حسی به وسیله‌ی یک گروه ارزیاب حسی متشکل از ۱۰ نفر از متخصصان علوم و صنایع غذایی انجام پذیرفت . کلیه‌ی ارزیابی‌ها به روش آزمون حسی محصول‌گرا<sup>۲</sup> (روش امتیازدهی<sup>۳</sup> شدت یک ویژگی<sup>۴</sup>) و با امتیازبندی هدونیک<sup>۵</sup> پنج نقطه‌ای صورت گرفت . بدین ترتیب که پرسشنامه‌هایی تهیه شده و از هر فرد ۵ سؤال پرسیده شد و برای هر سؤال ۵ گزینه به عنوان پاسخ موجود بود . سؤالات مطرح شده عبارتند از رنگ ، طعم و مزه ، پذیرش آروما ، احساس دهانی و پذیرش کلی . همچنین لازم به ذکر است گروه سنی ارزیاب‌ها متشکل از مرد و زن با سن ۲۵ تا ۵۰ سال بود .

### ۲-۴- آنالیز آماری

در این بررسی از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۲ تکرار استفاده گردید . جهت مقایسه میانگین داده ها از آزمون حداقل اختلاف معنادار<sup>۶</sup> (LSD) در سطح احتمال ۹۹٪ استفاده شد . کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری با نرم افزار Statistix نسخه ۸ صورت گرفت .

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

نتایج آنالیز واریانس تاثیر نوع پیش تیمار بر روی مقدار رطوبت برش های بادمجان بعد از سرخ کردن عمیق در شکل ۱ نشان داده شده است . نتایج نشان داد که نوع پیش تیمار تأثیر معنی دار

سرخ شده (g) و وزن برش های پوشش دارسرخ نشده (g) می باشد (۸) .

### ۲-۳-۵- درصد پوشش دهی

درصد پوشش دهی به کمک رابطه ی زیر محاسبه شد :

$$CP(\%) = \frac{C - I}{I} \times 100 \quad (3)$$

در این معادلات به ترتیب CP(%), C, I درصد پوشش دهی (%), وزن برش های اولیه پوشش دهی شده (g) و وزن برش های اولیه بدون پوشش (g) می باشد (۸) .

### ۲-۳-۶- شاخص قهوه ای شدن

قهوه ای شده غیر آنزیمی نمونه های بادمجان سرخ شده توسط روش اسپکتروفوتتری با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (UV VIS - مدل DR 5000، ساخت آمریکا) و اتانول به عنوان نمونه شاهد در طول موج ۴۲۰ نانومتر تعیین شد (۱۴) .

### ۲-۳-۷- اندازه گیری رنگ

برای اندازه‌گیری میزان رنگ بادمجان سرخ شده از نرم افزار گرافیکی Image J استفاده گردید . برای اندازه‌گیری رنگ بادمجان سرخ شده ابتدا از بادمجان ها در شرایط استاندارد از لحاظ نوری ، عکس تهیه گردید . بعد از تهیه عکس‌های مورد نیاز ، عکس‌ها به کامپیوتر منتقل شده و در نرم‌افزار مربوطه جهت اندازه‌گیری تغییرات رنگ ، بارگذاری گردید (۴) . و پس از انتقال به نرم افزار مربوطه مقادیر L, a و b تعیین گردید . در این سیستم رنگ‌سنجی ، پارامتر L میزان روشنایی را در محدوده‌ی ۰ (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) اندازه‌گیری می‌نماید . همچنین دو پارامتر a و b به ترتیب نشان دهنده‌ی سبزی تا قرمزی و آبی تا زردی نمونه بوده که به ترتیب در محدوده‌ی ۱۲۰- (سبز) تا ۱۲۰+ (قرمز) و ۱۲۰- (آبی) تا ۱۲۰+ (زرد) قرار دارد . تغییرات کلی رنگ در برش های بادمجان ( $\Delta E$ ) توسط رابطه (۴) محاسبه گردید .

$$\Delta E = \sqrt{(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2} \quad (4)$$

در این رابطه ، مقادیر  $L_0$ ,  $a_0$  و  $b_0$  مقادیر نمونه قبل از سرخ کردن می‌باشند (۱۶)

<sup>1</sup> Browning Index (BI)

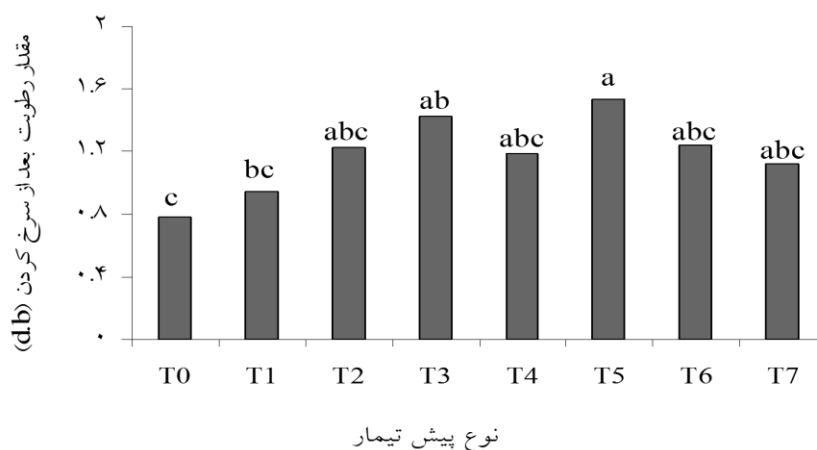
<sup>2</sup> Product-Oriented Testing (POT)

<sup>3</sup> Scoring

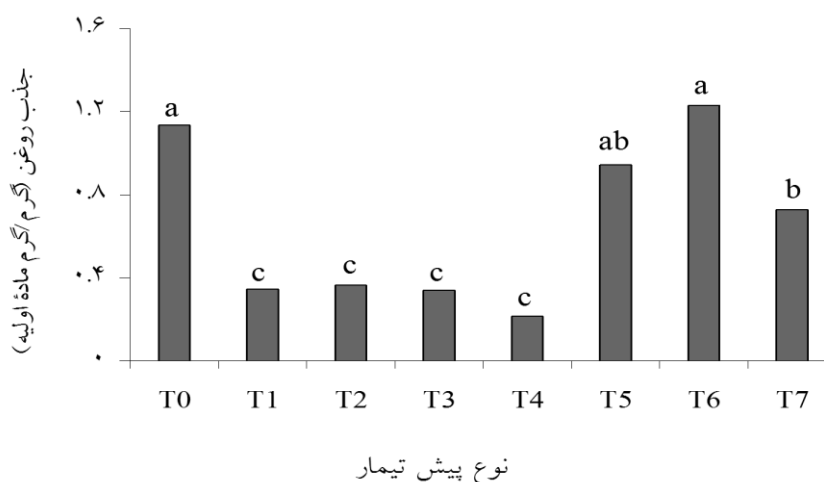
<sup>4</sup> Single Stimulus

<sup>5</sup> Hedonic

<sup>6</sup> Least Significant Difference (LSD)



شکل ۱- تاثیر نوع پیش تیمار بر روی مقدار رطوبت برش های بادمجان بعد از سرخ کردن.



شکل ۲- تاثیر نوع پیش تیمار بر روی جذب روغن برش های بادمجان سرخ شده.

بری با بخار آب داغ (T<sub>6</sub>) مشاهده شد (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد که برش های بادمجان تیمار شده با ۴٪ پکتین (T<sub>4</sub>) دارای کمترین مقدار جذب روغن بعد از سرخ کردن عمیق بود.

دارایی وهمکاران (۲۰۱۱) و Williams and Mittal (۱۹۹۹) بیان نمودند که پوشش دهی با مواد هیدروکلوئیدی منجر به افزایش مقدار رطوبت و کاهش جذب روغن فرآورده سرخ شده می گردد. این حالت به دلیل خاصیت سدکنندگی پوشش ها و ممانعت از خروج رطوبت در هنگام سرخ شدن می باشد (۸). جذب روغن و اُفت رطوبت دو فاکتور اصلی در پدیده انتقال جرم طی سرخ کردن عمیق می باشند (۸). جذب روغن به طور مستقیم وابسته به زمان و دمای سرخ کردن می باشد (۲۰، ۲۲). دمای بالای روغن، طی سرخ کردن عمیق منجر به تبخیر

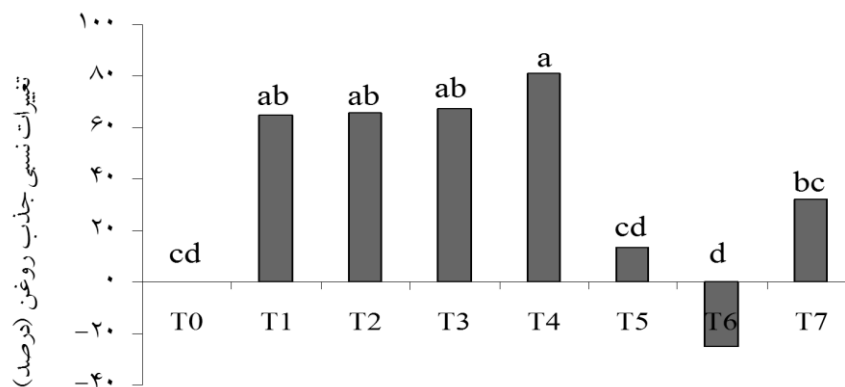
بر روی مقدار رطوبت برش های بادمجان بعد از سرخ کردن عمیق داشت. به طوری که بیشینه مقدار رطوبت برش های بادمجان بعد از سرخ کردن عمیق با اختلاف معنی دار ( $P < 0/01$ ) در برش های تیمار شده به روش شیمیایی (T<sub>5</sub>) مشاهده شد (شکل ۱). همچنین نتایج نشان داد که برش های بادمجان شاهد دارای کمترین مقدار رطوبت بعد از سرخ کردن عمیق بودند. نتایج آنالیز واریانس تاثیر نوع پیش تیمار بر روی مقدار جذب روغن برش های بادمجان بعد از سرخ کردن عمیق در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که نوع پیش تیمار تأثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) بر روی مقدار جذب روغن برش های بادمجان بعد از سرخ کردن عمیق داشت. به طوری که بیشینه مقدار جذب روغن برش های بادمجان بعد از سرخ کردن عمیق با اختلاف معنی دار ( $P < 0/01$ ) در برش های تیمار شده به روش آنزیم

01) بر روی راندمان سرخ کردن برش های بادمجان داشت. به طوری که بیشینه مقدار راندمان سرخ کردن برش های بادمجان با اختلاف معنی دار ( $P < 0/01$ ) در برش های تیمار شده به روش شیمیایی ( $T_5$ ) مشاهده شد (شکل ۴). همچنین نتایج نشان داد که برش های بادمجان تیمار شده با ۲٪ پکتین ( $T_3$ ) دارای کمترین مقدار راندمان سرخ کردن بودند. نتایج آنالیز واریانس تاثیر نوع پیش تیمار بر روی درصد پوشش دهی برش های بادمجان در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که نوع پیش تیمار تاثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) بر روی درصد پوشش دهی داشت. به طوری که بیشینه درصد پوشش دهی برش های بادمجان با اختلاف معنی دار ( $P < 0/01$ ) در برش های تیمار شده با ۲٪ پکتین ( $T_3$ ) مشاهده شد (شکل ۵). افزایش درصد پوشش دهی پکتین در مقایسه با سایر پوشش ها می تواند به دلیل قدرت بالای تشکیل ژل پکتین باشد (۸).

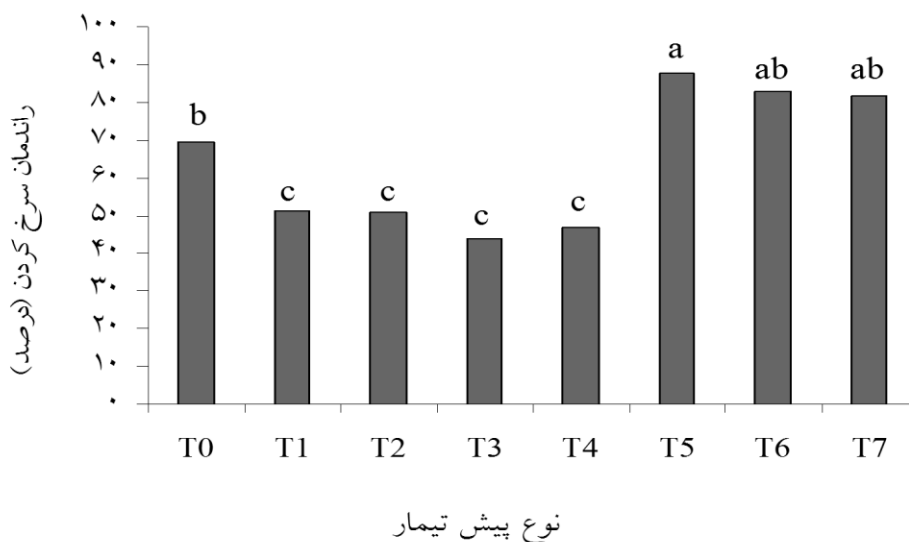
با توجه به تاثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) دما و زمان سرخ کردن روی راندمان سرخ کردن، بیشینه مقدار این پارامتر در دمای سرخ کردن ۱۶۰ درجه سانتیگراد و زمان ۲ دقیقه مشاهده گردید (شکل ۷ و ۶). نتایج مشابه توسط دارایی و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده شد (۸).

تدریجی آب از ماده غذایی به محیط سرخ کننده و در مقابل طبق مکانیسم انتقال جرم، جذب روغن از طریق ماده غذایی میگردد (۲۰). نظر به اینکه جذب روغن یک پدیده سطحی است و روغن میتواند در جایی که آب تبخیر میگردد، نفوذ نماید (۱۹،۱۱). بنابراین، اُفت رطوبت و جذب روغن دو پدیده ناهمسو و وابسته به هم می باشند.

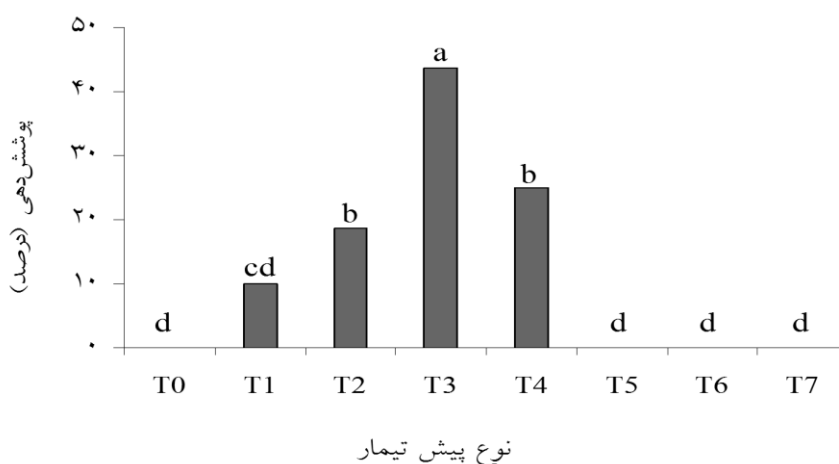
نتایج آنالیز واریانس تاثیر نوع پیش تیمار بر روی تغییرات نسبی جذب روغن برش های بادمجان بعد از سرخ کردن عمیق در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که نوع پیش تیمار تاثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) بر روی تغییرات نسبی جذب روغن برش های بادمجان بعد از سرخ کردن عمیق داشت. به طوری که بیشینه مقدار تغییرات نسبی جذب روغن برش های بادمجان بعد از سرخ کردن عمیق با اختلاف معنی دار ( $P < 0/01$ ) در برش های تیمار شده با ۴٪ پکتین ( $T_4$ ) مشاهده شد (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد که برش های بادمجان شاهد ( $T_0$ ) دارای کمترین مقدار تغییرات نسبی جذب روغن بعد از سرخ کردن عمیق بودند. به طور کلی بیشتر بودن تغییرات نسبی جذب روغن، به معنای کاهش جذب روغن فرآورده نهایی می باشد. نتایج مشابه توسط عیسی و همکاران مشاهده شد (۱۲). نتایج آنالیز واریانس تاثیر نوع پیش تیمار بر روی راندمان سرخ کردن برش های بادمجان بعد از سرخ کردن عمیق در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که نوع پیش تیمار تاثیر معنی دار ( $P < 0/01$ )



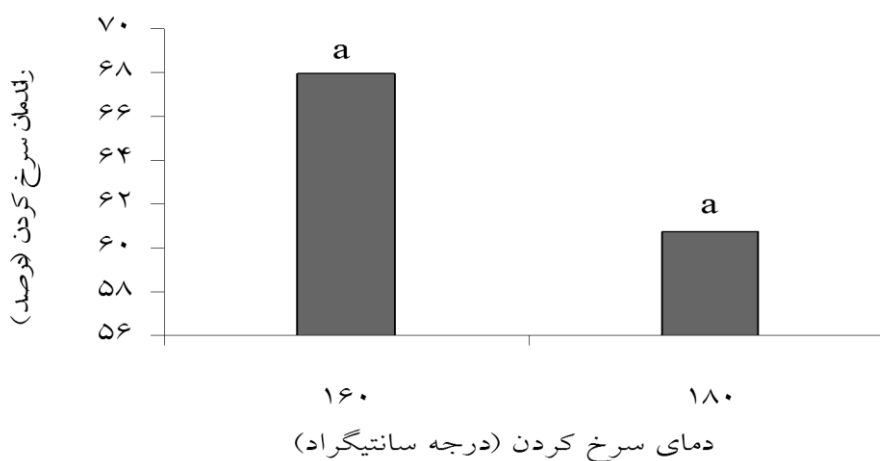
شکل ۳- تاثیر نوع پیش تیمار بر روی تغییرات نسبی جذب روغن برش های بادمجان سرخ شده.



شکل ۴ - تاثیر نوع پیش تیمار بر روی راندمان سرخ کردن برش های بادمجان سرخ شده.

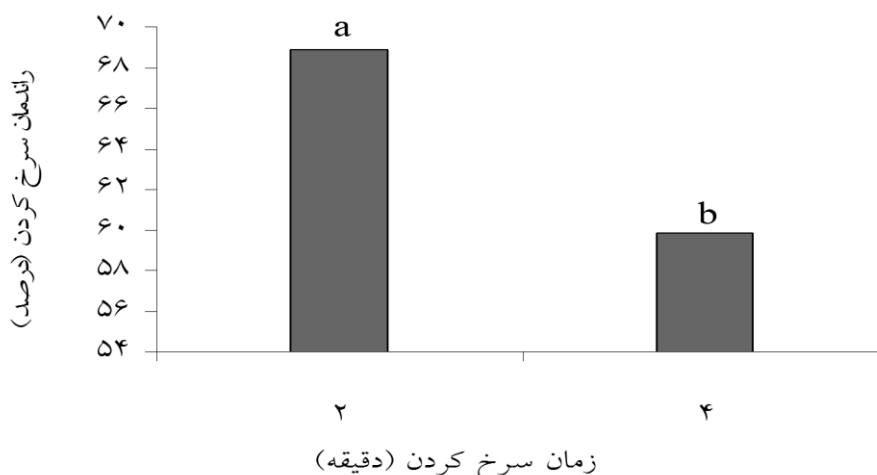


شکل ۵ - تاثیر نوع پیش تیمار بر روی درصد پوشش دهی برش های بادمجان سرخ شده.



شکل ۶ - تاثیر دمای سرخ کردن بر روی راندمان سرخ کردن برش های بادمجان سرخ شده.





شکل ۷- تاثیر زمان سرخ کردن بر روی راندمان سرخ کردن برش های بادمجان سرخ شده.

دقیقه بود. نتایج مشابه توسط دارایی و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده شد (۸). نتایج مربوط به تجزیه‌ی واریانس شاخص‌های رنگ برش های بادمجان سرخ شده در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که نوع پیش تیمار روی شاخص‌های رنگ  $\Delta E$  و  $L$  و  $BI$  و همچنین قهوه ای شدن غیر آنزیمی نمونه های سرخ شده در دمای سرخ کردن روی تمامی شاخص‌های برش های بادمجان به سطح آماری یک درصد، تأثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) داشت. تأثیر جز  $b$  در سطح آماری یک درصد معنی دار ( $P < 0/01$ ) بود.

با توجه به تأثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) اثر متقابل نوع پیش تیمار  $\times$  دمای سرخ کردن روی خصوصیات مقدار رطوبت و جذب روغن، برش های بادمجان سرخ شده بیشینه‌ی مقادیر این خصوصیات به ترتیب متعلق به نمونه های در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد تیمار شده با پکتین ۲/۲ نمونه های در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد و افزودنی  $T_6$  بود (جدول ۲). و همچنین با توجه به تأثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) اثر متقابل نوع پیش تیمار  $\times$  زمان سرخ کردن بر روی تغییرات نسبی جذب روغن بیشینه‌ی مقادیر این خصوصیت متعلق به نمونه های ۱۸۰ درجه سانتی گراد در زمان ۲

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی برش های بادمجان تحت تأثیر نوع پیش تیمار  $\times$  دمای سرخ کردن و نوع پیش تیمار  $\times$  زمان سرخ کردن با استفاده از آزمون  $LSD (P < 0/01)$ .

میانگین مربعات			منبع تغییر
رطوبت	جذب روغن	تغییرات نسبی جذب روغن	
۰/۰۷۴۸۲۷**	۰/۲۳۰۴۵**	۲۲۰۹/۴	نوع پیش تیمار $\times$ دمای سرخ کردن (A*C)
۰/۳۵۴۹۸	۰/۰۳۸۵۳	۵۴۰۹/۴**	نوع پیش تیمار $\times$ زمان سرخ کردن (B*C)

\*\* معنی دار در سطح یک درصد، بدون ستاره: معنی دار نیست.

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر نوع افزودنی و دمای سرخ کردن و زمان سرخ کردن بر شاخص‌های رنگ برش های بادمجان سرخ شده.

میانگین مربعات					منبع تغییر
قهوه ای شدن غیر آنزیمی	BI	$\Delta E$	A	L	
۱/۸۱۰۴**	۱/۵۱۰۴**	۸/۶۱۰۴**	۶/۱۱۰۳**	۱/۰۱۰۵**	نوع پیش تیمار
۲/۵۱۰۶**	۵/۷۱۰۴**	۹/۸۱۰۴**	۲/۹۱۰۳**	۱/۱۱۰۵**	دمای سرخ کردن
۳/۴۱۰۵**	۶/۴۱۰۳**	۳/۲۲ <sup>Ns</sup>	۱/۰۱۰۳**	۱/۷۱۰۲**	زمان سرخ کردن

\*\* معنی دار در سطح یک درصد، بدون ستاره: معنی دار نیست.

امتیازدهی، شرایط بهینه مربوط به تیماری است که از لحاظ شاخص های کیفی مورد بررسی بیشترین امتیاز لازم را کسب نماید. در مجموع از بین 32 تیمار مورد بررسی تنها تیمارهای 4 امتیازی، کلیه امتیازات و قیود مربوطه را کسب و به عنوان

#### بهبود تیمارها معرفی شدند. ۴- نتیجه گیری

نتایج نشان داد که نوع پیش تیمار روی خصوصیات مقدار رطوبت، جذب روغن، تغییرات نسبی جذب روغن، راندمان سرخ کردن، درصد پوشش دهی برش های بادمجان بعد از سرخ کردن در سطح آماری یک درصد، تأثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) داشت. بطوری که بیشینه مقدار آنها به ترتیب مربوط به  $T4$ ،  $T5$ ،  $T3$ ،  $T5$  بود. همچنین نتایج نشان داد که زمان سرخ کردن تأثیر معنی داری ( $P < 0/01$ ) بر روی راندمان سرخ کردن برش های بادمجان داشت. بطوری که بیشینه مقدار راندمان سرخ کردن برش های بادمجان با اختلاف آماری معنی دار ( $P < 0/01$ ) در برش های سرخ شده در زمان ۲ دقیقه مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که دمای سرخ کردن تأثیر معنی داری ( $P < 0/01$ ) بر روی راندمان سرخ کردن برش های بادمجان داشت. بطوریکه بیشینه مقدار راندمان سرخ کردن برش های بادمجان با اختلاف آماری معنی دار ( $P < 0/01$ ) در برش های سرخ شده در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد مشاهده شد. نتایج نشان داد که بیشینه شاخص  $\Delta E$  با اختلاف معنی دار ( $P < 0/01$ ) در نمونه بادمجان سرخ شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ دقیقه همراه با پیش تیمار ۴٪ کربوکسی متیل سلولز مشاهده شد. نتایج نشان داد که، بیشینه ی شاخص قهوه ای شدن غیر آنزیمی با اختلاف معنی دار ( $P < 0/01$ ) در نمونه شاهد بادمجان سرخ شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ دقیقه مشاهده شد.

تأثیر زمان سرخ کردن روی تمامی شاخص های رنگ برش های بادمجان در سطح آماری یک درصد به جز  $b$  معنی دار ( $P < 0/01$ ) بود. با توجه به تأثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) نوع پیش تیمار روی شاخص های رنگ  $a$ ،  $L$ ،  $\Delta E$  و  $BI$  و همچنین قهوه ای شدن غیر آنزیمی برش های بادمجان سرخ شده، بیشینه ی مقادیر این شاخص های رنگ به ترتیب متعلق به افزودنی های آنزیم بری با آب داغ، ۴٪ پکتین و ۴٪ کربوکسیل متیل سلولز و ۲٪ پکتین و نمونه شاهد بود. با توجه به تأثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) دمای سرخ کردن روی شاخص های رنگ  $a$ ،  $L$ ،  $\Delta E$  و  $BI$  و همچنین قهوه ای شدن غیر آنزیمی برش های بادمجان سرخ شده، بیشینه ی مقادیر این شاخص های رنگ به ترتیب متعلق به دمای ۱۶۰، ۱۸۰، ۱۸۰، ۱۸۰ درجه سانتی گراد بود. همچنین با توجه به تأثیر معنی دار ( $P < 0/01$ ) زمان سرخ کردن روی شاخص های رنگ  $a$ ،  $L$ ،  $\Delta E$  و  $BI$  و همچنین قهوه ای شدن غیر آنزیمی برش های بادمجان سرخ شده، بیشینه ی مقادیر این شاخص های رنگ به ترتیب متعلق به زمان ۲، ۴، ۴، ۴ دقیقه بود.

#### ۳-۲- بهینه سازی فرآیند سرخ کردن عمیق

جهت تعیین شرایط بهینه (از لحاظ نوع پیش تیمار، دما و زمان سرخ کردن) فرآیند سرخ کردن عمیق، تیمارهای تحت بررسی با برخی از مهم ترین شاخص های کیفی فرآورده نهایی (نظیر جذب روغن و راندمان سرخ کردن) امتیازدهی گردید. شرایط بهینه کمترین جذب روغن و بیشترین راندمان سرخ کردن بود. به طوری که در مورد شاخص جذب روغن بیشترین امتیاز به تیمار با کمترین جذب روغن و در مورد راندمان سرخ کردن، بالاترین امتیاز به تیمار با بیشترین راندمان سرخ کردن تعلق گرفت. حال با توجه به قیود فوق، فرآیند امتیازدهی تیمارها مورد بررسی و نتایج در جدول ۴ ثبت گردید. بعد از فرآیند

جدول ۴- امتیازدهی فرآیند سرخ کردن بادمجان.

مجموع امتیازات	راندمان سرخ کردن	جذب روغن	نوع پیش تیمار	زمان سرخ کردن	دما (°C)
۲	**	-	شاهد	۲	۱۶۰
۱	-	*	۲٪ کربوکسی متیل سلولز	۲	
۲	-	**	۴٪ کربوکسی متیل سلولز	۲	
۱	-	*	پکتین ۲٪	۲	
۴	-	****	پکتین ۴٪	۲	
۴	****	-	تیمارشیمیایی	۲	
۳	***	-	آنزیم بری بابخار آب داغ	۲	
۴	***	*	آنزیم بری با آب داغ	۲	
-	-	-	شاهد	۴	
۲	-	**	۲٪ کربوکسی متیل سلولز	۴	
۴	-	****	۴٪ کربوکسی متیل سلولز	۴	
۲	-	**	پکتین ۲٪	۴	
۳	-	***	پکتین ۴٪	۴	
۳	***	-	تیمارشیمیایی	۴	
-	-	-	آنزیم بری بابخار آب داغ	۴	
۲	*	*	آنزیم بری با آب داغ	۴	
-	-	-	شاهد	۲	
۴	-	****	۲٪ کربوکسی متیل سلولز	۲	
۲	-	**	۴٪ کربوکسی متیل سلولز	۲	
۳	-	***	پکتین ۲٪	۲	
۴	-	****	پکتین ۴٪	۲	
۳	***	-	تیمارشیمیایی	۲	
۴	****	-	آنزیم بری بابخار آب داغ	۲	
۲	**	-	آنزیم بری با آب داغ	۲	۱۸۰
-	-	-	شاهد	۴	
۳	-	***	۲٪ کربوکسی متیل سلولز	۴	
۲	-	**	۴٪ کربوکسی متیل سلولز	۴	
۴	-	****	پکتین ۲٪	۴	
۳	-	***	پکتین ۴٪	۴	
-	-	-	تیمارشیمیایی	۴	
-	-	-	آنزیم بری بابخار آب داغ	۴	
۲	**	-	آنزیم بری با آب داغ	۴	
۷۳	۲۷	۴۶			

جمع  
امتیازات

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

۱۱. Duran, M., Pedreschi, F., Moyano, P.,  
Troncoso, E. 2007. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. *Journal of Food Engineering*, 81: 256-265.
۱۲. Eissa, H.A., Ramadan, M.T., Ali, H.S., Ragab, G.H. 2013. Optimizing Oil Reduction in Fried Eggplant Rings. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(6): 3708-3717.
۱۳. García, M.A., Ferrero, C., Bértola, N., Martino, M., Zaritzky, N. 2002. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. *Innova Journal of Food Sci Emerg Tech*, 3 (4): 391-397.
۱۴. Hesham, A.E., Mostafa, T.R., Hatem, S.A., Gamal, H.R. (2013). Optimizing Oil Reduction in Fried Eggplant Rings. *Journal of Applied Sciences Research*. 9(6): 3708-3717.
۱۵. Hubbard, L.J., Farkas, B.E. 2000. Influence of oil temperature on heat transfer during immersion frying. *Food Process and Preservation*, 24: 143-162.
۱۶. Jalaei, F., Fazeli, A., Fatemian, H., Tavakolipour, H., 2010. Mass transfer coefficient and the characteristics of coated apples in osmotic dehydrating. *Journal of food and bioproducts processing*, In Press.
۱۷. Lalam, S., Sandhu, J.S., Takhar, P.S., Thompson, L.D., Alvarado, C. 2013. Experimental study on transport mechanisms during deep fat frying of chicken nuggets. *LWT-Food Science and Technology*, 50: 110-119.
۱۸. Mallikarjunan, P., Chinnan, M.S., Balasubramaniam, V.M., Phillips, R.D. 1997. Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. *LWT*, 30 (7): 709-714.
۱۹. Mellema, M. 2003. A review Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Sci Tech*, 14: 364-373.
۲۰. Moyano PC, Pedreschi F. 2006, Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 39: 285-291.
۲۱. Nyun Kim, D., Lim, J., Bae, I.Y., Gyu Lee, H., Lee, S. 2011. Effect of hydrocolloid coatings on the heat transfer and oil uptake during frying of potato strips. *Journal of Food Engineering*, 102: 317-320.
۲۲. Sahin, S., Sumnu, S.G. 2009. *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. CRC press. New York.
- ۵- منابع**
- ۱- پارساپور، م.م. لامع، ح. ۱۳۸۳. امکان تولید چیپس سیب زمینی با روش خشک کردن. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران (۲): ۱۱۵-۲۲.
- ۲- توکلی پور، ح. ۱۳۸۹. اصول مهندسی صنایع غذایی. انتشارات آبیژ.
- ۳- جوکار، م. نیکوپور، ه. امین لاری، م. رضانی، ر. مظلومی، م.ت. ۱۳۸۵. تولید آزمایشگاهی چیپس سیب زمینی کم چربی با استفاده از پوشش هیدروکلوئیدی. فصلنامه علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران (۳): ۱۷-۹.
- ۴- شهیدی، ف. محبی، م. احتیاطی، ا. ۱۳۸۹. تحلیل تصاویر رقمی مغز نان بربری غنی شده با آرد سویا. نشریه پژوهش های صنایع غذایی ایران. جلد ۶. شماره ۴. صفحه ۲۴۷-۲۵۳.
۵. Albert, S., Mittal, G.S. 2002. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. *Journal of Food Research International*, 35 (5): 445-458.
۶. Amiryousefi, M.R., Mohebbi, M., Khodaiyan, F. 2012. Kinetics of Mass Transfer in Microwave Precooked and Deep-Fat Fried Ostrich Meat Plates. *Food Bioprocess Technology*, 5:939-946.
۷. Barbut, S. 2013. Frying-Effect of coating on crust microstructure, color, and texture of lean meat portions. *Meat Science*, 93: 269-274.
۸. Daraei Garmakhany, A., Aghajani, N., Kashiri, M. 2011. Use of hydrocolloids as edible covers to produce low fat French fries. *Latin Ameri Appl Res*, 41: 211-216.
۹. Dehghan Nasiri, F., Mohebbi, M., Tabatabaee, Y.F., Haddad, M.H.K. 2010. Effects of soy and corn flour addition on batter rheology and quality of deep fat-fried shrimp nuggets. *Food Bioprocess Technology*, doi:10.1007/s11947-010-0423-4.
- 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.
۱۰. Diamante, L.M., Savage, G.P., Vanhanen, L. 2012. Optimization of vacuum frying of gold kiwifruit slices: application of response surface methodology. *International Journal of Food Science and Technology*, 47: 518-524.

۲۳. Tavakolipour, H., Fatemian, H., Jalaee, F., 2008. Studing of Edible coating application on productivity ratio in Osmotic dehydration on process of apple rings, 16th International Drying symposium. P.p. 1309-1312.
۲۴. Williams, R., Mittal, G.S. 1999. Water and fat transfer properties of polysaccharide films on fried pastry mix. LWT, 32 (7): 440-445

Archive of SID