

اثر آنزیم‌بری، بسته‌بندی و مدت نگهداری بر محتوی رطوبت و جذب روغن سیب زمینی خشک شده با مایکروویو

شهرزاد شکوری^۱، حمیدرضا توکلی‌پور^{۲*}، سید حمیدرضا ضیاالحق^۳،
سید محسن مرتضوی^۴

۱- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

۲- دانشیار مهندسی صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

۳- استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

۴- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۱۳)

چکیده

سیب زمینی به عنوان یک منبع ارزشمند نشاسته، شناخته شده است که در تغذیه انسان نقش بسزایی دارد و برای حفظ خواص تغذیه‌ای پس از خشک شدن، باید شرایط ذخیره سازی مناسبی برای آن در نظر گرفته شود. این مطالعه با هدف بررسی اثر سه نوع ماده بسته بندی (BOPP شفاف، BOPP صدفی و پلی اتیلن پلی آمید) در سه شرایط بسته بندی (خلا، نیتروژن، اتمسفر معمولی) و دو تیمار حرارتی (آنزیم‌بری در بخار آب، آب داغ) در تعیین میزان رطوبت و درصد جذب روغن در سیب زمینی‌های خشک شده با مایکروویو بعد از ۶۰ و ۱۲۰ روز انبارمانی انجام شد. با افزایش زمان انبارمانی از ۶۰ روز به ۱۲۰ روز محتوای رطوبت و جذب روغن در نمونه‌های سیب زمینی خشک شده با مایکروویو کاهش یافت، در حالیکه این کاهش رطوبت در نمونه‌های بسته بندی شده تحت خلا در بسته‌های پلی اتیلن پلی آمید، با سرعت کمتری صورت گرفت. در نمونه‌های آنزیم‌بری شده با بخار آب علاوه بر حفظ رطوبت، کاهش ۰/۷۸ درصدی جذب روغن در آنها مشهود بود. سیب زمینی خشک شده و بسته بندی شده تحت اتمسفر نیتروژن و در BOPP شفاف به ترتیب با ۹/۷۵ درصد و ۹/۸۷ درصد بالاترین درصد جذب روغن را داشتند. تغییر در ساختار داخلی، رطوبت و ژلاتینه شدن نشاسته در سطح، عوامل تاثیر گذار در جذب روغن می‌باشند. نمونه‌های بلانچ شده با بخار آب، بسته بندی شده تحت خلا در بسته‌های پلی اتیلن پلی آمید، بهترین نتایج را در افزایش زمان ماندگاری و کاهش جذب روغن داشتند.

کلید واژگان: جذب روغن، بسته بندی، سیب زمینی، محتوای رطوبت، انبارمانی

*مسئول مکاتبات: h.tavakolipour@gmail.com

۱- مقدمه

سیب زمینی مهمترین محصول غده‌ای کشاورزی در جهان است که بخش عمده ماده خشک آن از نشاسته تشکیل شده است. با توجه به محدود بودن فصل برداشت سیب زمینی، ذخیره‌سازی آن با استفاده از روش‌های مناسب از جمله خشک کردن ضروری می‌باشد. به طور کلی فرآیند خشک‌کردن از طریق کاهش محتوای رطوبت ماده غذایی باعث تولید محصولی با کیفیت و قابلیت نگهداری بالا و به دلیل کاهش وزن و حجم محصول باعث حمل و نقل و ذخیره‌سازی آسان‌تر آن می‌شود. خشک کردن با میکروویو یکی از مهم‌ترین روش‌های خشک کردن در صنعت غذا می‌باشد که سبب تولید محصولی با تخلخل بالایی می‌شود. در این روش گرمابه طور یکنواخت در سراسر ماده غذایی پخش شده و دمای محصول به صورت یکنواخت افزایش می‌یابد و ضمن حفظ مواد مغذی، عطر، رنگ و کیفیت محصول از تغییرات بیوشیمیایی نیز جلوگیری می‌کند و باعث خشک شدن سریع و یکنواخت محصول می‌شود [۱ و ۲].

آنزیم‌بری یک فرآیند حرارتی است که معمولاً قبل از فرآیند خشک کردن، انجماد، سرخ کردن و کنسرو کردن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فرآیند ضمن غیر فعال کردن آنزیم‌ها، با تغییر در ساختار سلولی و نرم کردن بافت، خروج رطوبت از محصول [۳] و ژلاتینه کردن نشاسته باعث کاهش جذب روغن و بهبود بافت در سیب زمینی می‌شود [۴-۵]. انتخاب مناسب پیش‌فرایندهایی نظیر آنزیم‌بری و خشک کردن، تاثیر مستقیم در جذب روغن و کیفیت محصول سرخ شده دارد. آنزیم‌بری با بخار آب داغ یکی از رایج‌ترین روش‌های آنزیم‌بری در صنعت است که باعث حفظ مواد مغذی و ترکیبات محلول در آب می‌شود [۶].

استفاده از مواد بسته‌بندی و ذخیره‌سازی آخرین مرحله جهت افزایش عمر نگهداری و حفاظت از محصولات خشک می‌باشد. بسته‌بندی سیب زمینی خشک شده در بسته‌های مناسب می‌تواند در کیفیت نهایی محصول تاثیرگذار باشد [۳، ۶ و ۷]. بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده شکلی از بسته‌بندی است که هوا از داخل بسته حذف یا توسط یک یا چند گاز مختلف جایگزین می‌شود [۸]. در این نوع بسته‌بندی با توجه به ماهیت محصول هوای داخل بسته با گازهایی نظیر نیتروژن، دی اکسید کربن یا گازهای دیگر جایگزین می‌شود در نتیجه باعث افزایش

ماندگاری محصول و حفظ خواص ارگانولپتیک آن می‌شود [۹]. پر کردن با نیتروژن برای مواد خشک و یا با رطوبت متوسط استفاده می‌شود و پر کردن با CO_2 برای میوه و سبزی تازه استفاده می‌شود که از رشد میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی و اکسیداسیون چربی جلوگیری می‌کند [۱۰]. در بسته‌بندی تحت خلا هوا از داخل بسته حذف شده و جایگزین نمی‌شود و در واقع نوع خاصی از اتمسفر اصلاح شده است. فیلم‌های بسته‌بندی که برای بسته‌بندی‌های تحت خلا و MAP استفاده می‌شوند باید مانع خوبی در برابر گاز و بخار آب باشند و گاز و رطوبت را در داخل بسته حفظ کنند. سازگاری محصول با مواد بسته‌بندی بسیار مهم است و انتخاب صحیح نوع بسته‌بندی از راه‌های حفظ کیفیت و ارزش غذایی محصول است [۱۱ و ۱۲]. ضیال‌الحق (۲۰۱۳) برای بسته‌بندی تحت خلا مغز بادام از بسته‌بندی‌های چند لایه پلی اتیلن-پلی آمید و BOPP استفاده کرد و نشان داد که نوع بسته‌بندی در حفظ حالت خلا و افزایش زمان ماندگاری مؤثر است [۱۳].

سرخ کردن یک روش آماده‌سازی غذا است که مواد غذایی در روغن گیاهی داغ غوطه‌ور می‌شوند و هم‌زمان انتقال گرما و جرم نیز اتفاق می‌افتد [۷ و ۱۴-۱۵] و ضمن خروج رطوبت و خشک شدن جذب روغن نیز صورت می‌گیرد [۱۶]. در فرایند سرخ کردن مقدار جذب روغن به طور مستقیم با مقدار رطوبت از دست رفته متناسب است و جذب چربی معمولاً از طریق سطح صورت می‌گیرد بنابراین ویژگی سطحی عامل تاثیرگذاری در جذب روغن است به طوریکه تغییرات فیزیکیوشیمیایی نظیر ژلاتینه شدن نشاسته که روی سطح اثر می‌گذارد می‌توانند در جذب روغن اثر داشته باشد [۱۷، ۱۵ و ۵].

مطالعات متعددی بر روی تاثیر پارامترهای خشک شدن بر کیفیت سیب زمینی خشک شده انجام شده است با این حال یک بررسی جامع در مورد اثرات شرایط ذخیره‌سازی بر کیفیت سیب زمینی خشک و سرخ کردن آن ارائه نشده است. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی اثر روش آنزیم‌بری، نوع ماده بسته‌بندی ($BOPP^2$ شفاف، BOPP صدفی، PE/PA^3) و شرایط و مدت زمان نگهداری بر روی رطوبت و جذب روغن در سیب زمینی خشک شده با میکروویو برای افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی می‌باشد.

2. Biaxially Oriented Polypropylene
3. Polyethylene-Polyamide

1. Modified Atmosphere Packaging

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه

سیب زمینی واریته *Baraka* با ۱۹ درصد ماده خشک، وزن ۸۰ تا ۱۰۰ گرم و وزن مخصوص ۱/۰۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب از مزارع منطقه مجن واقع در شمال شاهرود خریداری و تا روز آزمایش در اتاق تاریک با دمای ۱۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵٪ نگهداری شد [۲]. برای جلوگیری از افزایش قندهای احیا، ۲۴ ساعت قبل از انجام آزمایشات سیب‌زمینی‌ها از اتاق ذخیره خارج و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بعد از آن تمام سیب زمینی‌ها شسته و با چاقو پوست‌گیری و با استفاده از اسلایسر (Nicer dicer مدل FA2009 ساخت کشور چین) به ابعاد (۲×۱×۱ سانتی‌متر) برش زده شدند. برای جلوگیری از واکنش قهوه‌ای شدن، برش‌های سیب زمینی در محلول ۵ درصد اسید اسکوربیک و ۲/۰ درصد اسید سیتریک غوطه ور شدند [۱۸].

۲-۲- آنزیم‌بری و خشک کردن

برای غیر فعال کردن پلی‌فنل اکسیداز، حذف هوا و افزایش انعطاف پذیری و سختی، آنزیم‌بری به دو روش آب جوش (۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ دقیقه) و بخار آب (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ دقیقه) در بن ماری (Ben mary Lauda مدل 200-E، Lauda-Konigshofen، ساخت کشور آلمان) صورت گرفت [۲]. پس آنزیم‌بری برش‌های سیب زمینی به روش آب جوش و بخار به مدت ۲ دقیقه برای حذف نشاسته از سطح آنها شسته و آب سطحی با کاغذ خشک شد و با استفاده مایکروویو (LG 34L، مدل P-9483 SLA ساخت کره جنوبی) در ۶۰۰ وات و مدت ۵ دقیقه خشک شدند [۱۹].

۲-۳- بسته بندی در اتمسفر تغییر یافته

بعد از خشک شدن، نمونه‌ها در وزن‌های ۶۰ گرم در سه نوع فیلم بسته‌بندی (BOPP شفاف، BOPP نیمه شفاف و پلی اتیلن پلی آمید به ضخامت‌های ۰/۰۴، ۰/۰۴ و ۰/۰۹ میلی‌متر، ساخت صاف نوین فیلم تبریز) و تحت سه شرایط اتمسفری (۹۹ درصد خلا، ۷۰ درصد نیتروژن به ۳۰ درصد اکسیژن و اتمسفر طبیعی) بسته‌بندی شدند. بسته‌بندی با دستگاه بسته بندی تحت خلا (Henckel Man مدل Boxer42، ساخت کشور آلمان) انجام شد. در شرایط خلا، هوای داخل به طور

کلی تخلیه شد و در شرایط N_2 دستگاه بسته بندی تحت خلا به مخزن گاز نیتروژن متصل شد و ۷۰ درصد گاز نیتروژن داخل بسته تزریق گردید و در اتمسفر طبیعی از هوای اتاق در داخل بسته‌بندی استفاده شد [۲]. درصد رطوبت و جذب روغن در همه نمونه‌ها بعد از ۶۰ و ۱۲۰ روز انبارمانی اندازه‌گیری شد.

۲-۴- اندازه‌گیری مقدار رطوبت

اندازه‌گیری رطوبت سیب‌زمینی بر اساس روش آون گذاری در دمای 103 ± 2 درجه سانتی‌گراد انجام شد. حدود ۵ گرم نمونه آون‌گذاری شد و با ترازو ۰/۰۰۰۱ گرم توزین گردید و درصد رطوبت هر نمونه بر حسب گرم بر کیلوگرم ماده خشک محاسبه گردید [۲۰].

۲-۵- اندازه‌گیری مقدار جذبروغن

سرخ کردن با استفاده از یک سرخ کن خانگی با ظرفیت ۲ لیتر در روغن مایع مخصوص سرخ کردن (مخلوطی از روغن سویا و آفتابگردان) با نام تجاری بهار در دمای 170 ± 1 درجه سانتی‌گراد انجام شد. نمونه‌های سیب زمینی خشک شده به طور جداگانه داخل روغن غوطه‌ور شد و زمان سرخ کردن تا به دست آمدن رنگ روشن و بافت ترد ادامه یافت. سپس نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه سرد شدند و با استفاده از دستگاه سوکسله (Qerhardt، ساخت کشور آلمان) جهت آنالیز درصد روغن جذب شده توسط مورد ارزیابی قرارگرفتند و مقدار درصد چربی بر حسب گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن خشک محاسبه گردید [۲۰].

۲-۶- تحلیل آماری

به منظور بررسی اثر آنزیم‌بری، بسته‌بندی و مدت نگهداری بر محتوی رطوبت و جذب روغن سیب‌زمینی خشک شده این مطالعه با استفاده از روش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو سطح در فاکتور آنزیم‌بری (آب داغ و بخار)، سه شرایط اتمسفری (خلا، نیتروژن، اتمسفر طبیعی) و سه نوع بسته بندی (BOPP شفاف، BOPP نیمه شفاف و پلی اتیلن پلی آمید) در سه تکرار انجام شد. تحلیل واریانس (ANOVA) بر روی تمام داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن (DMRT) و با استفاده از نرم‌افزار SAS(9.1.3 Service Pack 4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر پیش تیمار آنزیم‌بری بر درصد

رطوبت و جذب روغن

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که دوره انبارمانی، مواد پلیمری بسته بندی، شرایط بسته بندی و نوع پیش تیمار آنزیم‌بری تاثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) در میزان رطوبت سیب زمینی خشک شده با میکروویو داشت (جدول ۱). همانطور که در جدول (۲) نیز مشاهده می‌شود در این مطالعه بالاترین و پایین‌ترین مقدار رطوبت به ترتیب ۲۳۸/۰ درصد و ۱۸۶/۰ درصد مربوط به سیب زمینی‌های آنزیم‌بری شده با بخار آب و آب داغ

است. Latapi و همکاران (۲۰۰۶) گزارش دادند آنزیم‌بری یکی از اولین روش‌ها در کاهش آب در میوه و سبزیجات است که در نهایت باعث ارتقای کیفیت محصول خشک شده می‌شود. آنزیم‌بری باعث تغییرات ساختاری سلول در بافت سلولی میوه‌ها می‌شود و ضمن کاهش تغییرات کیفی نامطلوب با غیر فعال کردن آنزیم‌ها باعث جداسازی سلول‌ها در ماده غذایی می‌شود [۲۱]. ضیال‌الحق (۱۳۸۸) گزارش کرد که آنزیم‌بری بر میزان خشک شدن نمونه‌های سیب‌زمینی تأثیر معنی‌داری داشته و با افزایش زمان آنزیم‌بری، رطوبت بیشتری در حین خشک شدن از سیب‌زمینی‌ها خارج شده و محصول چروکیده‌تر می‌شود [۲۲].

Table 1 Analysis of variance for quantitative indicators of potato cubes in storage for 60 and 120 days

Source of variation	Degrees of freedom	Mean square	
		Moisture content	Oil absorption
Storage period (t)	1	0.0006**	23.074**
Packaging materials (p)	2	0.0007**	7.964**
Packaging condition (c)	2	0.0007**	4.594**
Blanching (b)	1	0.072**	20.9**
t×p	2	0.0001**	1.319 ^{ns}
t×c	2	0.00002 ^{ns}	0.742 ^{ns}
t×b	1	0.0006**	3.321*
p×c	4	0.0003**	2.349**
t×p×c	4	0.00001**	0.292 ^{ns}
p×k	2	0.00004*	2.939**
c×k	2	0.00003 ^{ns}	2.747**
t×p×k	2	0.00012**	0.72 ^{ns}
p×c×k	4	0.00014**	0.731 ^{ns}
t×p×c×k	6	0.00001 ^{ns}	0.235 ^{ns}
Error	72	0.000012	0.520547

ns, *, **: Not significant, significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively (DMRT).

آنزیم‌بری در آب قبل از سرخ کردن باعث کاهش ماده خشک محصول می‌شود زیرا اجزای محلول در آب ماده غذایی، طی فرآیند آنزیم‌بری از سیب زمینی خارج شده و وارد آب می‌شوند و تولید پساب مایع می‌کنند [۲۳] در فرآیند آنزیم‌بری با بخار، به علت ژلاتینه شدن شدید سطح سیب زمینی، سطح غیر قابل نفوذی را به وجود می‌آورد که باعث کند شدن خروج رطوبت از سیب زمینی شده و به حفظ بیشتر رطوبت در سیب

زمینی کمک می‌کند [۱۷ و ۳]. Kumar Roy و همکاران (۲۰۰۹) اثر آنزیم‌بری با بخار را روی کلم بروکلی مورد ارزیابی قرار دادند، نتایج حاصل نشان داد مقدار فنولیک و فلاوونوئید کل در کلم فرایند شده با بخار افزایش یافته است در حالیکه در کلم فرایند شده با آب داغ، به علت اکسیداسیون این ترکیبات فعالیت ترکیبات فنولیک کاهش یافته و یا از بین می‌رود [۱۱].

Table 2 Effects of blanching on moisture content (%) and oil absorption (%)

		Moisture content (%)	Oil absorption (%)
Blanching	Blanched with hot water	0.186±0.026 ^b	9.78±0.87 ^a
	Blanched with steam	0.238±0.018 ^a	8.90±0.94 ^b

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ (DMRT).

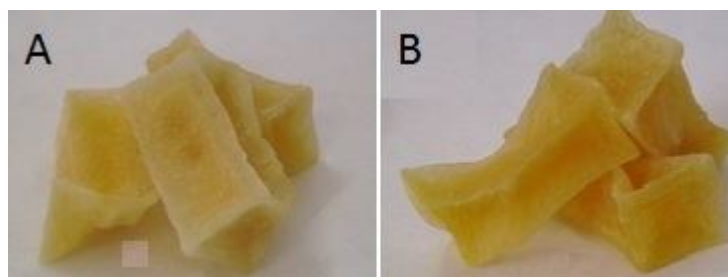


Fig 1 (A) Blanched with hot water; (B) Blanched with steam

محصولات آنزیم‌بری شده را کاهش می‌دهد [۱۵، ۱۷ و ۱۹]. Sotome (۲۰۰۹) طی تحقیقات خود اشاره کرد در طی آنزیم‌بری سیب زمینی در آب داغ تغییرات کیفی و بافتی به علت جذب آب در داخل بافت سیب زمینی ایجاد می‌شود و باعث حل شدن مواد جامد موجود در سیب زمینی در داخل آب داغ می‌شود که منجر به کاهش ماده جامد شده [۲] و با کاهش محتوای نشاسته و ماده خشک در نمونه‌های سیب زمینی آنزیم‌بری شده با آب، مقدار روغن در محصولات سرخ شده نهایی افزایش می‌یابد [۱۹]. Zielinska و همکاران (۲۰۱۷) در یک مطالعه تاثیر استفاده از بخار سوپر هیت را در کاهش جذب روغن چپس سیب زمینی بررسی و اظهار کردند بخار سوپر هیت منجر به کاهش رطوبت از ۸۱/۰۹ بر مبنای مرطوب، به ۳۲/۸۸-۵۵/۱۶ درصد بر مبنای مرطوب، و تولید چپس‌هایی با ۲۷-۱۵ درصد چربی کمتر در مقایسه با چپس‌های تیمار بدون تیمار می‌شود [۱۷]. در فرایند آنزیم‌بری با بخار به علت کنسانس شدن بخار روی سطح سیب زمینی و انتقال گرما به سیب‌زمینی، تبخیر آب و سرعت خشک شدن افزایش می‌یابد و باعث ژلاتینه شدن شدید نشاسته در سطح سیب زمینی می‌شود و ضمن جلوگیری از خروج ماده خشک مقاومت شدیدی نسبت به ورود روغن به محصول ایجاد می‌کند و بیشتر روغن در سطح باقی می‌ماند و به داخل نفوذ نمی‌کند [۲۵]. عبدالله و همکاران (۲۰۱۴) اثر پیش خشک کردن آنزیم‌بری را روی رطوبت و جذب روغن در چپس سیب زمینی شیرین در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان‌های مختلف اندازه‌گیری کردند نتایج نشان داد با افزایش زمان خشک کردن درصد رطوبت و جذب روغن کاهش می‌یابد [۱۶]. مویانو و همکاران (۲۰۰۶) جذب روغن در سیب زمینی تازه، آنزیم‌بری شده و خشک شده را در طول سرخ کردن مورد ارزیابی قرار دادند. سیب زمینی آنزیم‌بری شده در ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ دقیقه، و سیب‌زمینی آنزیم‌بری شده و خشک شده تا رطوبت ۶۰ درصد بر مبنای مرطوب، همگی در دمای مختلف

پیش تیمار آنزیم‌بری با آب داغ به علت کاهش در محتوای ماده خشک و ایجاد سطوح خشن و حفرات بزرگ در سطح [۲۴] و در داخل سیب زمینی خشک شده با مایکروویو، جذب روغن را افزایش می‌دهد و ضمن سرخ شدن در روغن و انتقال حرارت از پوسته به مرکز، با افزایش منافذ مویرگی، سرعت تبخیر آب افزایش یافته و در اثر اختلاف فشار ایجاد شده، سطح محصول خشک می‌شود [۱۵]. در پایان سرخ کردن بعلت کاهش حجم، افزایش منافذ و اختلاف فشار با پوسته سخت خارجی، شکاف عمیق و شکستگی سرتاسری درون سلول اتفاق می‌افتد و روغن چسبیده به سطح سیب زمینی به علت ایجاد حالت خلا در داخل سیب زمینی سرخ شده، از قسمتهای آسیب دیده وارد سیب زمینی شده و جذب روغن افزایش می‌یابد [۱۵ و ۲۴]. در فرایند سرخ کردن عمیق در روغن، ژلاتینه شدن نشاسته، تورم و افزایش شکاف و ترک در محصول بوجود می‌آید که به افزایش جذب روغن کمک می‌کند [۷]. میزان جذب روغن در محصولات سرخ شده به عنوان یک شاهد کیفی مطرح است. آنزیم‌بری، قبل از سرخ کردن سیب زمینی برای بهبود کیفیت بافت و رنگ سیب زمینی استفاده می‌شود که با فعال کردن آنزیم پکتین استراز با ایجاد چروکیدگی در سطح سلول‌ها و کاهش تخلخل در سیب زمینی منجر به کاهش جذب روغن می‌شود [۲۳]. جدول (۱) اثر معنی‌دار محتوای روغن در تیمارهای مختلف آنزیم‌بری را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌گردد مقدار جذب روغن در سیب زمینی‌های آنزیم‌بری شده با بخار آب ۸/۹۰ gr/100gr و در نمونه‌های آنزیم‌بری شده با آب داغ ۹/۷۸ gr/100gr می‌باشد. جذب روغن پدیده سطحی است و سطح سیب زمینی نقش کلیدی در فرایند سرخ کردن بازی می‌کند. رطوبت، مقدار ماده جامد و ژلاتینه شدن نشاسته در سطح سیب زمینی عواملی هستند که در کاهش جذب روغن در نمونه‌های خشک شده موثر هستند. ژلاتینه شدن نشاسته در سطح سیب زمینی در مرحله آنزیم‌بری میزان جذب روغن در

سرخ شدند و در نهایت گزارش شد کاهش دمای سرخ کردن باعث افزایش ۳۲ درصدی جذب روغن در نمونه‌های سیب زمینی شد و سیب زمینی‌های خشک شده میزان جذب روغن کمتری نسبت به سیب زمینی‌های آنزیم‌بری شده داشتند. پیش خشک کردن و آنزیم‌بری سیب زمینی باعث ایجاد یک پوسته ضخیم در سطح، طی سرخ کردن و افزایش مقاومت در برابر جذب روغن می‌شود. آنزیم‌بری در دمای بالای ۹۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه قبل از سرخ کردن باعث افزایش جذب روغن می‌شود در حالیکه آنزیم‌بری در دمای پایین ۵۵ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد قبل از سرخ کردن، به دلیل فعال کردن آنزیم پکتین استراز، که باعث کاهش تخلخل می‌شود، جذب روغن را نیز کاهش می‌دهد [۱۴]. جذب روغن ۲۰ ثانیه اول سرخ کردن اتفاق می‌افتد در دمای بالای سرخ کردن، دانه‌های نشاسته که بر روی سطح سیب زمینی قرار گرفتند آب داخل سیب زمینی را جذب و شروع به رشد و ژلاتینه شدن می‌کنند و باعث تورم نشاسته می‌شوند. سلول‌ها به علت کاهش آب، از سلول‌های مجاور جدا می‌شوند و این فرآیند از سطح آغاز شده و تا داخل سیب زمینی ادامه می‌یابد و حجم سلول را کاهش می‌دهد و در نهایت سطح داخلی از خارجی جدا شده و منافذ زیادی ایجاد می‌کنند و روغن از طریق شکاف‌ها وارد سلول می‌شود و در پایان سیب زمینی به جسم متخلخل با سطح خشک تبدیل می‌شود [۲۳ و ۷].

۳-۲- تاثیر دوره انبارمانی بر درصد رطوبت و

جذب روغن

از دست دادن یا جذب رطوبت یکی از عوامل مهم در کنترل زمان ماندگاری محصول است [۲۶]. از آنجا که مقدار رطوبت تاثیر تعیین کننده‌ای در تکامل خواص مهم مواد غذایی مانند بافت، رنگ و ارزش غذایی دارد، کنترل رطوبت اولیه تاثیر بسزایی در حفظ کیفیت محصول خواهد داشت. ذخیره سازی سیب زمینی خشک شده با میکروویو در ۱۲۰ روز باعث کاهش رطوبت آن شد (جدول ۳). میزان کاهش رطوبت به نوع محصول، ماهیت محصول و پوشش بسته بندی بستگی دارد. در واقع شرایط و طریقه انبار کردن از عوامل مهم در حفظ رطوبت محصول است و عواملی چون رطوبت نسبی محیط و دمای محیط بر کیفیت محصول اثر می‌گذارند. Alagoz و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند طی ۱۰ ماه انبارمانی در محدوده دمایی ۴ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش دما باعث تسریع کاهش رطوبت زردآلوی

خشک شده می‌شود [۲۷]. ایوب‌حسین (۲۰۰۹) گزارش داد رطوبت داخلی گوجه خشک شده طی زمان ذخیره سازی کاهش می‌یابد اما درصد رطوبت گوجه خشک شده طی ۵ ماه نگهداری در یخچال به دلیل بالا بودن رطوبت نسبی هوای سرد (RH=80%) در مقایسه با محیط اتاق (RH=60%) کمی افزایش می‌یابد [۲۸]. یوشا و همکاران (۲۰۱۳) به تاثیر مثبت هوای سرد در افزایش رطوبت محصول خشک شده اشاره و تایید کردند که با نگهداری گوجه‌های خشک شده در کیسه‌های پلی اتیلنی طی ماه‌های خشک اکبر تا نوامبر، رطوبت از ۱۱/۴ به ۱۰/۵۰ کاهش و طی ماه‌های مرطوب آگوست تا سپتامبر از ۶/۸۰ تا ۱۵/۵۰ افزایش یافت بنابراین بسته بندی گوجه خشک شده جهت ذخیره سازی امری ضروری می‌باشد [۲۹].

مقدار روغن به عنوان یک پارامتر کیفی در محصولات سرخ شده مطرح است و افزایش روغن باعث ایجاد محصولی روغنی و بی‌مزه می‌شود که نه تنها تاثیری در افزایش قیمت محصول ندارد بلکه به عنوان یک محصول ناسالم معرفی می‌شود [۲۰]. تاثیر معنی‌دار دوره انبارمانی روی مقدار روغن جذب شده در سیب‌زمینی خشک شده با میکروویو در (جدول ۱) نشان داده شده است و همانطور که دیده می‌شود محتوای روغن با افزایش دوره انبارمانی افزایش می‌یابد به طوری که محتوای روغن به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) در نمونه‌های خشک شده با میکروویو طی ۶۰ روز ۰/۹۲ درصد کمتر از نمونه‌های خشک‌شده در ۱۲۰ روز انبارمانی بود (جدول ۳). ویژگی‌های ماده غذایی (اندازه، شکل، محتوای رطوبت و دانسیته)، پیش تیمار و روش‌های خشک کردن عواملی هستند که در جذب روغن تاثیر می‌گذارند. تبخیر آب و حذف رطوبت باعث ایجاد حفراتی در محصول می‌شود که باعث افزایش جذب روغن می‌شوند. همچنین افزایش زمان انبارمانی به علت تغییرات ساختاری نشاسته و شکستگی پیوندهای درون سلولی و ایجاد حفرات درون سلولی، در ایجاد حفرات داخلی درون سلولی تاثیر گذاشته و هنگام سرخ کردن جذب روغن را افزایش می‌دهد [۱۷]. Vauvre و همکاران (۲۰۱۴) اظهار کردند که رشد بلورهای یخ در سیب زمینی‌های یخ زده باعث ایجاد وضعیت پیچیده در ساختار سلولی شده و استرس‌های مکانیکی و خشک شدن در حین سرخ کردن باعث گسترش حفره‌های بیشتر و جذب روغن بیشتر می‌شود که ناشی از تغییر در محتوای نشاسته است [۲۴].

Table 3 Effects of storage period on moisture content (%) and oil absorption (%)

	Moisture content (%)	Oil absorption (%)
Storage period		
60 days	0.214±0.023 ^a	8.88±1.04 ^b
120 days	0.210±0.012 ^b	9.80±1.23 ^a

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ (DMRT).

۳-۳- تاثیر شرایط بسته‌بندی بر درصد رطوبت

و جذب روغن

نفوذپذیری، حلالیت بخار آب و گازها، انتشار گازها در پلیمرها ویژگی‌های مهمی هستند که می‌توانند مدت زمان ماندگاری محصول بسته بندی شده در MAP را تحت تاثیر قرار دهند. در این مطالعه شرایط بسته بندی تفاوت معنی داری در مقدار رطوبت محصول نشان داد (جدول ۱). بسته بندی تحت خلاء یک نمونه ذخیره سازی هیب و باریک ساکن است که به دلیل موثر بودن در کاهش واکنش‌های اکسیداسیون در محصول و قیمت پایین آن به طور گسترده در صنعت غذا استفاده می‌شود. در بسته بندی تحت خلاء محصول در بسته‌ای که نفوذ پذیری کمی به اکسیژن دارد محصور می‌شود و بعد از اینکه هوا از داخل بسته خارج شد، دوخته می‌شود و به علت اینکه مانع مناسبی در برابر اکسیژن است باعث حفظ کیفیت در طول ذخیره سازی می‌شود [۱۱]. نیتروژن یک گاز بی اثر است و حلالیت آن در آب و روغن کم است و استفاده از آن در بسته بندی مواد غذایی خشک شده می‌تواند عمر مفید محصول را افزایش دهد [۳۰]. نیتروژن به عنوان جایگزینی برای بسته بندی‌های تحت خلاء برای مهار رشد میکروارگانیسم‌های هوازی و به عنوان یک گاز مکمل برای ایجاد تناسب مطلوب بین سایر ترکیبات گازی در بسته بندی مواد غذایی خشک شده استفاده می‌شود و مدت ماندگاری محصول را افزایش می‌دهد [۳۱]. Silva و همکاران (۲۰۰۴) اثر مثبت حذف اکسیژن را به عنوان موثرترین راه حل برای کاهش فرایند اکسیداتیو در چیپس سیب زمینی، ضمن کاهش مواد افزودنی و نگهدارنده در حفظ کیفیت و افزایش مدت زمان نگهداری محصول تایید کردند [۳۲]. بالاترین درصد حفظ رطوبت ۲۱۷/۰ درصد در نمونه‌های بسته بندی شده تحت خلاء مشاهده شد ولی اختلاف معنی داری بین نمونه‌های بسته بندی شده در شرایط ازتواتمسفر معمولینبود، که مشابه این تحقیق توسط Ozturk و همکاران (۲۰۱۵) بر روی بسته بندی پسته در شرایط اتمسفر تغییر یافته و خلا تصدیق کرد که بیشترین رطوبت مربوط به پسته‌هایی بود که تحت خلا بسته بندی شده بودند و محتوای رطوبت در پسته در شرایط MAP، ۵۵۹ (گرم بر کیلوگرم)

کمتر از دیگر بسته‌ها پس از ذخیره سازی در شرایط خلا و کنترل شده بود که ثابت کرد نوع بسته بندی تاثیر معنی داری بر روی رطوبت و مدت انبارمائی داشت [۱۰]. Soltani و همکاران (۲۰۱۵) در گزارشی اعلام کردند بسته بندی تحت خلا یک تکنیک مفید برای نگهداری محصول است زیرا بسیاری از غذاها به سرعت در هوا ممکن است به علت از دست دادن یا جذب رطوبت، واکنش با اکسیژن و رشد میکروارگانیسم‌های هوازی خراب شوند، بنابراین ذخیره سازی محصولات در یک اتمسفرگازی تغییر یافته می‌تواند ضمن حفظ رطوبت از طریق کاهش واکنش شیمیایی و بیوشیمیایی و کاهش رشد میکروارگانیسم‌های فاسد کننده عمرماندگاری محصول را افزایش دهند [۱۱ و ۲۶]. در این مطالعه علیرغم وجود ۷۰ درصد گاز نیتروژن داخل بسته، نیتروژن تاثیری بر حفظ رطوبت محصول نداشت، ضمن اینکه این گاز تنها به عنوان یک گاز پرکن با قابلیت انحلال پایین به عنوان جایگزین اکسیژن در بسته بندی جهت به تأخیر انداختن فساد اکسیداتیو استفاده می‌شود و با تاثیر مستقیم بر روی رشد میکروارگانیسم‌های هوازی فساد محصول را به تاخیر می‌اندازد و طول عمر محصول را افزایش می‌دهد و از مچاله شدن بسته‌هایی که CO₂ جذب ماده غذایی می‌شود جلوگیری می‌کند [۳۲].

در این مطالعه تاثیر شرایط بسته بندی تفاوت معنی داری را در جذب روغن در محصول نشان داد (جدول ۱). بیشترین جذب روغن با ۹/۷۵ درصد در نمونه‌های بسته بندی شده در شرایط نیتروژن بود و تفاوت معنی داری در جذب روغن بین نمونه‌های بسته بندی شده تحت شرایط خلاء و اتمسفر معمولی دیده نشد (جدول ۴). جذب روغن به طور عمده توسط ساختار متخلخل محصول در طی ۲۰ ثانیه اول سرخ کردن اتفاق می‌افتد [۱۷] و بقیه جذب روغن زمانی اتفاق می‌افتد که محصول سرخ شده از سرخ کن خارج می‌شود. تشکیل منافذ اصلی ناشی از، خروج آب از طریق کانال‌های مویرگی محصول است که بعدها به عنوان مسیر ورود روغن به محصول در مرحله خنک کردن عمل می‌کند. خروج رطوبت در اثر تبخیر، ایجاد منافذ مویرگی می‌کند که از این طریق روغن وارد محصول می‌شود، از آنجا که

مویرگی در سبب زمینی خشک شده می‌شود [۳۱ و ۲۵].

نیتروژن از مجاله شدن بسته و فشار بر روی محصول جلوگیری می‌کند، باعث کاهش چروکیدگی و صدمه کمتر به لوله‌های

Table 4- Effects of packaging conditions on moisture content (%) and oil absorption (%)

Packaging condition	Moisture content (%)		Oil absorption (%)	
	Natural atmosphere	0.210±0.011 ^b	9.12±0.56 ^b	
	Vacuum	0.217±0.014 ^a	9.15±1.05 ^b	
	N ₂ (70%)	0.209±0.019 ^b	9.75±1.12 ^a	

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ (DMRT).

BOPP باشد. Ozturk و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند انتشار گاز در فیلم‌های پلیمری بر اساس ساختار فیلم تعیین می‌شود و پلیمرهایی که به طور گسترده در بسته بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند مانع مطلق در برابر گاز و بخار آب نیستند و تفاوت در حلالیت گازها تعیین کننده نفوذپذیری آنها در فیلم‌ها می‌باشد و طی بررسی که بر روی نفوذپذیری گاز اکسیژن و نیتروژن در پلیمرهای بسته بندی دردهماهای مختلف انجام داد گزارش کرد که نفوذ پذیری پلیمرها به گازها با افزایش دما افزایش می‌یابد [۱۰ و ۳۱] و پوششهای پلی اتیلنی امتیاز بالایی در حفظ و نگهداری رطوبت در محصولات دارند [۳۳]. Udomkun و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی که بر روی پاپایا خشک شده انجام دادند گزارش کردند که رطوبت و a_w نمونه‌هایی که در PE/PA، ALP، بسته بندی شده بودند با افزایش مدت زمان ذخیره سازی تا نه ماه، به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد که عمدتاً به علت نفوذ بخار آب از محیط خارجی از طریق مواد بسته‌بندی است. بنابراین مقدار رطوبت مواد غذایی از آن جهت که بر جنبه‌های فیزیکیوشیمیایی مواد غذایی تاثیر می‌گذارد، تاثیر زیادی بر ذخیره‌سازی محصول برای مدت طولانی دارد [۳۴]. Ziaolhagh (۱۹۹۹) نشان داد که تأثیر نوع بسته بندی‌های پلی‌آمید PVC، پلی اتیلن-سلولز و BOPP بر مقدار رطوبت کشمش نگهداری شده در دمای °C ۱۵ و به مدت ۴ ماه معنی دار است، به طوری که نمونه‌های بسته‌بندی شده در BOPP مقدار رطوبت کمتری داشتند [۳۵].

۳-۴- تاثیر فیلم بسته‌بندی بر درصد رطوبت و

جذب روغن

بسته بندی علاوه بر ایجاد جذابیت برای مصرف کننده باعث حفاظت و جلوگیری از تخریب محصول می‌شود [۱۰]. بسته‌بندی نقش اصلی را در حفظ محصول در برابر صدمات و آسیب‌های خارجی دارد و باعث حفاظت آن در برابر اکسیژن، بخار آب، نور و افزایش ماندگاری می‌شود و علاوه بر آن خصوصیات حسی و ثابت رنگ را بهبود می‌بخشد و از خشک شدن بیش از حد ماده غذایی جلوگیری می‌کند. تخریب مواد غذایی در طول ذخیره سازی با انتخاب مناسب مواد بسته‌بندی و شرایط بسته بندی تا حد زیادی کاهش می‌یابد. فیلم‌هایی که برای بسته‌بندی انتخاب می‌شوند باید ویژگی‌های نفوذپذیری خاصی داشته باشند [۸ و ۲۶]. تعیین خواص ممانعت کنندگی پلیمرها در تعیین مدت ماندگاری محصول بسته بندی شده بسیار مهم است. بررسی رطوبت در سبب زمینی‌های خشک شده با میکروویو کاهش رطوبت معنی داری را در نمونه‌های بسته بندی شده در BOPP شفاف و BOPP صدفی نسبت به پلی اتیلن پلی آمید نشان داد. جدول ۵ نشان می‌دهد که مکعب‌های سبب زمینی خشک شده با میکروویو که در پلی اتیلن پلی آمید بسته‌بندی شده‌اند حداقل کاهش رطوبت و نفوذ پذیری را داشته‌اند. مشابه این مشاهدات در مورد افزایش رطوبت در طول بسته‌بندی در زردآلوی خشک شده با خورشید توسط Alagoz گزارش شد [۲۷] که این نتایج می‌توانند به علت نفوذ ناپذیرتر بودن پلی اتیلن پلی آمید نسبت به



Fig 2 (A) Transpirant biaxially oriented polypropylene (BOPP) laminated; (B) polyethylene-polyamide laminate; (C) semi-transparent BOPP

Table 5 Effects of packaging materials on moisture content (%) and oil absorption (%)

Packaging materials	Moisture content (%)		Oil absorption (%)	
	Transparent BOPP	0.210±0.013 ^b	Semi-transparent BOPP	9.87±1.24 ^a
	Polyethylene-polyamide laminate	0.217±0.021 ^a		9.17±1.07 ^b
		0.204±0.014 ^b		8.98±0.96 ^b

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ (DMRT).

در کاهش رطوبت در نمونه‌های خشک شده داشت. جذب روغن در محصولات سرخ شده از طریق مکانیسم‌های پیچیده‌ای صورت می‌گیرد و مسیر نفوذ روغن بستگی به فرایندهای قبلی محصول (روش آنزیم‌بری، خشک کردن، بسته بندی) و شرایط سرخ کردن دارد به طوریکه تغییرات کوچک ساختاری تأثیر بزرگی در جذب روغن می‌گذارد. بیشترین جذب روغن در هنگام خنک کردن محصول سرخ شده اتفاق می‌افتد زیرا در هنگام خنک کردن، فشار بیش از حد داخلی و جریان بخار در هنگام سرخ کردن از بین می‌رود و مسیرهای مویرگی ایجاد شده داخل سیب زمینی سرخ شده با ایجاد مکش، باعث افزایش جذب روغن می‌شود. با افزایش مدت زمان انبارمانی رطوبت نمونه‌های خشک شده در مایکروویو کاهش و جذب روغن در آن‌ها افزایش می‌یابد. درصد جذب روغن در سیب زمینی‌های خشک شده با مایکروویو در شرایط آنزیم‌بری با آب داغ بالاتر از نمونه‌های آنزیم‌بری شده در بخار بود. BOPP شفاف در شرایط اتمسفری معمولی برای بسته بندی سیب زمینی خشک شده مناسب نبود چون افزایش درصد جذب روغن را در نمونه‌های خشک شده در پیداشت. تحت شرایط خلا به علت چروکیدگی محصول و کاهش سطح تماس روغن با نمونه‌ها، جذب روغن در آن‌ها کاهش یافته و در نتیجه بیشترین تأثیر را در کاهش جذب روغن داشتند.

بررسی تأثیر بسته بندی بر روی جذب روغن در سیب زمینی خشک شده با مایکروویو نشان داد که نمونه‌های بسته بندی شده در BOPP شفاف جذب روغن معنی‌داری نسبت به سایر نمونه‌ها دارند (جدول ۱). پلی پروپیلن دو طرفه جهت دار از سری پلیمرهای پلی پروپیلن است که در بسیاری از موارد در بسته بندی‌های MAP مورد استفاده قرار می‌گیرد. این بسته‌ها متراکم‌تر و شفاف‌تر از پلی اتیلن هستند و مانع خوبی در برابر گاز و بخار آب می‌باشند [۸]. از آنجاییکه نفوذ پذیری پلیمرها به بخار آب و گاز مطلق نیست و ساختار فیلم، ضخامت و نفوذ پذیری پلیمرها در حذف رطوبت از محصول تأثیرگذار هستند، نمونه‌هایی که در BOPP شفاف بسته‌بندی شده بودند دارای بیشترین جذب روغن (۹/۸۷ درصد) در مقایسه با پلی اتیلن پلی‌آمید و BOPP صدفی با جذب روغن به ترتیب ۹/۱۷۶ و ۸/۹۸ درصد بودند (جدول ۵). در پلی اتیلن پلی آمید به علت افزایش ضخامت، نفوذ پذیری به رطوبت و هواکاهش می‌یابد و بر کیفیت محصول تأثیر مثبتی دارد [۳۱]. جذب چربی به محتوای رطوبت اولیه موادی قبل از سرخ شدن بستگی دارد و حتی شرایط آنزیم‌بری و خشک کردن [۳ و ۵]، علاوه بر کاهش رطوبت در میزان جذب روغن تأثیرگذار است [۱۶].

۴- نتیجه گیری

انتخاب مناسب مواد بسته بندی و شرایط بسته بندی علاوه بر حفظ رطوبت و کیفیت محصول باعث ایمنی محصول نیز می‌شود. از آنجاییکه میزان رطوبت در جذب روغن تأثیر بسزایی دارد بنابراین کنترل شرایط ذخیره‌سازی و بسته‌بندی در جذب روغن نیز موثر است. نتایج نشان داد که رطوبت سیب‌زمینی‌های خشک شده در مایکروویو به طور قابل توجهی تحت تأثیر مدت زمان انبارمانی، نوع آنزیم‌بری، نوع بسته‌بندی و شرایط بسته‌بندی قرار دارد. بسته‌بندی پلی اتیلن پلی آمید تحت شرایط خلا باعث حفظ بیشتر رطوبت در نمونه‌های سیب زمینی خشک شده با مایکروویو شد. پیش تیمار آنزیم‌بری با آب داغ و ذخیره‌سازی در مدت ۴ ماه تأثیر منفی

۵- منابع

- [1] Hafezi, N, Sheikhdavoodi, M.J, Sajadiye, S.M, 2015, Evaluation of Quality Characteristics of Potato Slices during Drying by Infrared Radiation Heating Method under Vacuum, International Journal of Agricultural and Food Research, 4 (3), 1-8.
- [2] Sotome, I, Takenaka, M, Koseki, S, Ogasawara, Y, Nadachi, Y, Okadome, H, Isobe, S, 2009, Blanching of potato with superheated steam and hot water spray, LWT- Food Science and Technology, 42 , 1035-1040.

- International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(1), 5–20.
- [14] Moyano, P.C, Pedreschi, F, 2006, Kinetics of oil uptake during frying of potato slices, Effect of pre-treatments, LWT- Swiss Society of Food Science and Technology, 39, 285–291.
- [15] Shaker, M.A, 2015, Comparison between traditional deep-fat frying and air-frying for production of healthy fried potato strips, International Food Research Journal, 22(4), 1557-1563.
- [16] Abdulla, G, El-Shourbagy, G.A, Sitohy, M.Z, 2014, Effect of Pre-drying, Blanching and Citric Acid Treatments on the Quality of Fried Sweet Potato Chips, American Journal of Food Technology, 9, 39-48.
- [17] Zielinska, A.M, Błaszczak, W, Devahastin, S, 2015, Effect of superheated steam prefrying treatment on the quality of potato chips, International Journal of Food Science and Technology, 50, 158–168.
- [18] Arroqui, C, Rumsey T.R, López A, Virseda, P, 2002, Losses by diffusion of ascorbic acid during recycled water blanching of potato tissue, Journal of Food Engineering, 52, 25–30.
- [19] Zhang, T, Jinwei L, Ding, Z, Fan, L, 2015, Effects of initial moisture content on the oil absorption behavior of potato chips during frying process, Food Bioprocess Technol, 1-10.
- [20] Su, Y, Zhang, M, Zhang, W, Adhikari, B, Yang, Z, 2016, Application of novel microwave-assisted vacuum frying to reduce the oil uptake and improve the quality of potato chips, LWT- Food Science and Technology, 1-34.
- [21] Latapi, G, Barrett, D.M, 2006, Influence of Pre-drying Treatments on Quality and Safety of Sun-dried Tomatoes, Part I, Use of Steam Blanching, Boiling Brine Blanching, and Dips in Salt or Sodium Metabisulfite, Sensory and Nutritive Qualities of Food, 71(1), 24-31.
- [22] Ziaolhagh, S.H.R, 2010, Determination of the optimum conditions for preparing and drying of potato slices, Journal of Food Research (University of Tabriz) 1(2), 23-36.
- [23] Ziaifar, A.M, Achir, N, Courtois, F, Trezzani, I, Trystram, G, 2008, Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process, International Journal of Food Science and Technology, 43, 1410-1423.
- [3] Reis, F.R, 2017, Effect of Blanching on Food Physical, Chemical, and Sensory Quality, Chapter 2.
- [4] Tajner-Czopek, A, Figiel, A, Rytel, E, 2007, Effect of potato strips pre-drying methods on french fries quality, Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 57, 175-181.
- [5] Yadav, D.V, Shukla, R.N, Kaushik, U, Priyadarshini, D, 2014, Effect of frying time and temperature on the oil uptake characteristics of pre-treated potato (*Solanum tuberosum*) chips, International Journal of Research in Engineering and Advanced Technology, 4, 1-10.
- [6] Elfneesh, F, Tekalign, T, Solomon, W, 2011, Processing quality of improved potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars as influenced by growing environment and blanching, African Journal of Food Science, 5(6), 324-332.
- [7] Huang, P.Y.H, Fu, Y.C, 2014, Modelling the Kinetics of Water Loss during Deep-Fat Frying of Potato Particulates, Czech Journal of Food Science, 32(6), 585-594.
- [8] Mangaraj, S, Goswami, T.K, Mahajan, P.V, 2009, Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables, A Review, Food Engineering Review, 1, 133–158.
- [9] Sandhya, 2010, Modified atmosphere packaging of fresh produce, Current status and future needs, LWT - Food Science and Technology, 43, 381–392.
- [10] Ozturk, I, Sagdic, O, Yalcin, H, Dursun Capar, T, Asyali, M.H, 2015, The effects of packaging type on the quality characteristics of fresh raw pistachios (*Pistacia vera* L.) during the storage, LWT-Food Science and Technology, 1-26.
- [11] Kumar, P, Ganguly, S, 2014, Role of vacuum packaging in increasing shelf-life in fish processing technology, Asian Journal of Biology Science, 9, 109-112.
- [12] Muizniece-Brasava, S, Ruzaike, A, Dukalska, L, Stokmane, I, Strauta, L, 2013, Quality Evaluation of Ready to Eat Potatoes' Produce in Flexible Packaging, International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, 7(7), 725-730.
- [13] Ziaolhagh, H., 2013, Effect of packaging on shelf life of almond kernels,

- [30] Siracusa, V, 2012, Food Packaging Permeability Behaviour, a Report, International Journal of Polymer Science, 1-11.
- [31] Shakouri, S, Ziaolhagh, H.R, Sharifi-Rad, J, Heydari-Majd, M, Tajali, R, Nezarat, S, Teixeira da Silva, J.A, 2015, Effect of packaging material and storage period on microwave-dried potato (*Solanum tuberosum* L.) cubes, Journal of Food Science and Technology, 52(6), 3899-3910.
- [32] Silva, A.S, Hernández, J.L, Losada, P.P, 2004, Modified atmosphere packaging and temperature effect on potato crisps oxidation during storage, Analytica Chimica Acta, 524, 185-189.
- [33] Canellas, J, Rossel, B.C, Simal, S, Soler, L, Mulet, A, 1993, Storage conditions affected quality of raisins, Journal of Food Science, 58, 805-809.
- [34] Udomkun, P, Nagle, M, Argyropoulos, D, Mahayothee, B, Latif, S, Müller, J, 2016, Compositional and functional dynamics of dried papaya as affected by storage time and packaging material, Food Chemistry, 196, 712-719.
- [35] Ziaolhagh, S.H.R., 1999, Investigation on the quality and shelf life of raisin and dried apricots in different export packages, M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
- [24] Vauvre, J.V, Kesteloot, R, Patsioura, A, Vitrac, O, 2014, Microscopic oil uptake mechanisms in fried products, European Journal of Lipid Science and Technology, 1-23.
- [25] Ziaififar, A.M, 2009, Oil absorption during deep-fat frying, mechanisms and important factors.
- [26] Soltani, M, Mobli, H, Alimardani, R, Mohtasebi, S.S, 2015, Modified Atmosphere Packaging, A Progressive Technology for Shelf-Life Extension of Fruits and Vegetables, Journal of Applied Packaging Research, 7(3), 33-59.
- [27] Alagoz, S, Meltem, B, Mehmet, O, 2015, Effects of different sorbic acid and moisture levels on chemical and microbial qualities of sun-dried apricots during storage, Food Chemistry 174, 356-364.
- [28] Ayub Hossain, M.D, Gottschalk, K, 2009, Effect of moisture content, storage temperature and storage period on colour, ascorbic acid, lycopene and total flavonoids of dried tomato halves, International Journal of Food Science and Technology, 44, 1245-1253.
- [29] Joshi, U.N, Suvarna, V.C, Surendra, H.S, Nagaraju, N, 2013, Evaluation of Storage Stability Leaf Curl Resistant Cultivars for Producing Dehydrated Tomato, Discourse Journal Agriculture and Food Science, 1(1), 1-7.

The effect of Blanching, packaging and storage period on moisture content and oil absorption in microwave-dried potato cubes

Shakouri, Sh. ¹, Tavakolipour, H. R. ^{2*}, Ziaolhagh, S. H. R. ³, Mortazavi, S. M. ⁴

1. Department of Food Science and Technology Sabzevar Branch, Islamic Azad University of Sabzevar, Sabzevar, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Sabzevar Branch, Islamic Azad University of Sabzevar, Sabzevar, Iran.
3. Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Semnan Province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran.
4. Department of Food Science and Technology Damghan Branch, Islamic Azad University of Sabzevar, Sabzevar, Iran.

(Received: 2018/02/06 Accepted: 2018/06/03)

Potato is known as a valuable source of starch which plays an important role in human nutrition. Proper storage conditions should be considered to protect the nutritional properties of potato after drying. The effect of three packaging materials (transparent biaxially oriented polypropylene laminate (BOPP); semitransparent BOPP; polyethylene-polyamide (PE-PA) laminate) in three packaging conditions (vacuum, N₂, natural atmosphere) and in two temperature treatments (blanching in hot water; steam) on microwave-dried potato (*Solanum tuberosum* L.; Solanaceae) cubes was studied. Moisture content and oil absorption decreased in microwave dried potato by increasing storage time from 60 to 120 days. The moisture loss rate in vacuum packed samples in polyethylene polyamide film was less than BOPP. Steam blanched samples not only had more moisture but also absorbed less amount of oil. The dried and packed potatoes under nitrogen atmosphere and in transparent BOPP had the highest percentage of oil absorption with 9.75% and 9.87%, respectively. Changes in the internal structure, moisture and gelatinization of starch in the surface are factors affecting the absorption of oil. Blanched samples with steam and vacuum packed in polyethylene polyamide films, have the best results in increasing the shelf-life and reducing oil absorption.

Key word: Oil Absorption, Packaging, Potato, Moisture Content, Shelf Life

* Corresponding Author E-Mail Address: h.tavakolipour@gmail.com