

## اثر نوع خشک کن، رقم، محصول تولیدی و دمای آب مورد استفاده بر ترکیبات عمده و توانایی باز جذب آب فرآورده های خشک شده سیب زمینی

آزاده سلیمی<sup>۱</sup>، \*یحیی مقصودلو<sup>۲</sup>، حبیب... میرزایی<sup>۳</sup> و مهدی کاشانی نژاد<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۲</sup>دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۳</sup>استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
تاریخ دریافت: ۸۶/۷/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۷/۱۶

### چکیده

سیب زمینی جزو محصولات مهم کشاورزی است اما به دلیل ذخیره سازی نامطلوب در انبارها و کمبود صنایع تبدیلی، درصد زیادی از آن ضایع می شود. بنابراین تولید فرآورده های خشک، به دلیل افزایش ماندگاری، می تواند مورد توجه قرار گیرد. هدف از این تحقیق، تولید فرآورده های خشک شده سیب زمینی (پودر و قطعات مکعبی)، مقایسه محصولات تولید شده از سه رقم (آگریا، ساتینا و کنک) و بررسی اثر نوع خشک کن (آون هوای گرم و مایکروویو آون) بر ویژگی های کیفی و توانایی جذب آب مجدد آنها بوده است. جهت مقایسه ارقام و محصولات تولیدی، ویژگی هایی نظیر مقدار قندهای احیاء کننده، نشاسته، اسید اسکوربیک و توانایی جذب آب مجدد اندازه گیری شدند. جهت تجزیه و تحلیل آماری، از طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل استفاده شد. نتایج نشان دادند که تفاوت های معنی داری بین محصولات تولید شده در آون هوای گرم و مایکروویو آون وجود داشته و توجه آن در متفاوت بودن مکانیسم خشک شدن در این دو دستگاه می باشد. به طور مثال مقدار اسید اسکوربیک در محصولات خشک شده در مایکروویو آون، به طور متوسط، ۸/۳ (میلی گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) بود که به طور معنی داری ( $P < 0.05$ ) در سطح بالاتری نسبت به محصولات خشک شده در آون قرار داشت. همچنین درصد جذب آب مجدد قطعات خشک شده در مایکروویو آون، حدود ۱۲ درصد بیشتر از محصولات خشک شده در آون هوای گرم بود. با توجه به مقدار قندهای احیاء کننده، ماده خشک و درصد پوسته، هر سه رقم مورد نظر، برای تولید فرآورده خشک مناسب بودند. در این بین رقم آگریا با داشتن کمترین مقدار قندهای احیاء کننده و کسب بهترین امتیاز از نظر رنگ و ویژگی های ظاهری در بین پانلیست ها، جزو ارقام شاخص بود.

واژه های کلیدی: خشک کردن، سیب زمینی، آون هوای گرم، مایکروویو آون، جذب آب

### مقدمه

تولید مواد غذایی، یک تیمار خشک کردن وجود دارد (چن، ۲۰۰۲). یکی از مهم ترین دلایل خشک کردن، کاهش آب ماده غذایی و در نتیجه افزایش ماندگاری آن می باشد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶)، از طرفی به دلیل این که بخش عمده اکثر مواد را آب تشکیل می دهد، با تبخیر آن،

خشک کردن مواد غذایی به دلایل گوناگون، همواره مورد توجه بوده است و امروزه تقریباً در اکثر فرآیندهای

وزن و حجم ماده تا حد قابل توجهی کاهش پیدا می کند که خود، در امر حمل و نقل و نگهداری مؤثر می باشد (شعبانی گلدره، ۱۹۹۹). همچنین با خشک کردن مواد غذایی، می توان محصولات جدیدی تهیه کرد که کاربرد آنها با ماده خام اولیه، متفاوت است؛ به طور مثال پودر تولید شده از سیب زمینی را می توان برای تولید اسنک ها استفاده کرد در حالی که سیب زمینی خام چنین قابلیت را ندارد (مقصودلو، ۱۹۸۸).

امروزه از خشک کن های مختلفی جهت تولید فرآورده های آب گیری شده استفاده می شود و ویژگی هایی مانند هزینه خرید دستگاه ها، هزینه حمل و نقل و نگهداری، حجم تولید روزانه، سرعت خشک کردن و کیفیت محصول، از جمله عواملی هستند که در انتخاب یک خشک کن می توانند مورد توجه قرار گیرند (سهرابی، ۱۹۹۸). خشک کن های هوای داغ، کارایی بالایی داشته اما دارای عیب هایی مانند طولانی بودن زمان خشک کردن و کاهش ارزش تغذیه ای به دلیل کند بودن فرآیند و همچنین ایجاد چروکیدگی در مواد نیز می باشند (چنگ و همکاران، ۲۰۰۵؛ مادامبا و همکاران، ۱۹۹۴؛ لوزانو و همکاران، ۱۹۸۳)؛ به همین دلیل روش های جدیدتری جهت خشک کردن ابداع شدند که از آن جمله می توان به مایکروویو آون اشاره کرد.

به دلیل ایجاد نوسانات شدید مولکول های قطبی به خصوص مولکول های آب در مایکروویو آون، خشک شدن از عمق و سطح ماده غذایی به طور هم زمان آغاز می شود (میرنظامی ضیابری و همکاران، ۲۰۰۱؛ دورانس و وانگ، ۲۰۰۲؛ خرایشه و همکاران، ۲۰۰۴) و به همین دلیل محصول خشک شده در مایکروویو آون، دارای حالتی پف کرده و تخلخلی بالاست و برخلاف سایر خشک کن ها، چروکیدگی ناهماهنگی در آنها مشاهده نمی شود و دارای ظاهری مقبول تر و شفاف تر می باشد (هاولادر و همکاران، ۲۰۰۵؛ گوناسیکاران، ۱۹۹۹؛ اوهلسون، ۱۹۹۲؛ دیکاریو، ۱۹۸۵). همچنین مقدار افت شاخص های تغذیه ای مانند اسید اسکوربیک، نسبت به خشک کن هوای داغ، کمتر

است (خرایشه و همکاران، ۲۰۰۴؛ لابوزا و همکاران، ۱۹۷۲؛ کیرک و همکاران، ۱۹۷۷؛ لین و همکاران، ۱۹۹۸؛ ال دین و شوک، ۱۹۹۹؛ وانگ و همکاران، ۱۹۹۲؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۰۳) و هرچه مقدار اسید اسکوربیک در محصولی بیشتر باشد، بیانگر کیفیت بهتر آن و تأیید روش فرآوری است (لین و همکاران، ۱۹۹۸؛ وانگ و همکاران، ۱۹۹۲). امروزه از تلفیق خشک کردن توسط آون هوای گرم و مایکروویو آون نیز جهت کاهش هزینه خشک کردن با مایکروویو آون و استفاده از مزایای این دستگاه همچون کیفیت غذایی بهتر، رنگ مطلوب تر، تخلخل بیشتر و جذب آب بالاتر نیز استفاده می شود (عسگری و همکاران، ۲۰۰۴).

نوع خشک کن مورد استفاده همچنین می تواند بر فعالیت آنزیماتیک درون ماده نیز تأثیر بگذارد به طور مثال تجزیه نشاسته به کمک آمیلازها در طول فرآیند خشک کردن به وسیله هوای داغ، موجب افزایش بیشتر ظرفیت اتصال به آب، کاهش ویسکوزیته و افزایش هضم پذیری آن می گردد و به همین دلیل خروج نشاسته از محصولات خشک شده در آون هوای گرم، راحت تر از محصولات خشک شده در مایکروویو آون می باشد (رامش و همکاران، ۲۰۰۵).

نوع محصول تولید شده و فرآیندها و پیش فرآیندهای اعمال شده بر آن (از جمله اندازه قطعات، دمای آنزیم بری، زمان آنزیم بری و...) نیز می توانند بر خواص کیفی و بافتی آن تأثیر داشته باشند (کوپلمن و ساگوی، ۱۹۹۷؛ کابر و همکاران، ۲۰۰۶) به طور مثال از آن جا که اسید اسکوربیک به عواملی مانند دما و اکسیژن حساس بوده و قابلیت حل شدن در آب را نیز دارد (فاطمی، ۲۰۰۵)، بخش عمده آن طی فرآیندهایی مانند پوست کنی، شستشو و آنزیم بری در آب داغ، از بین می رود.

در انتخاب یک رقم سیب زمینی جهت تولید فرآورده های صنعتی از جمله محصولات خشک شده، ترکیباتی مانند قندهای احیاء کننده، نشاسته و اسید اسکوربیک، می توانند مورد توجه قرار گیرند که مقدار

با توجه به آنچه ذکر شد، برای مقایسه ارقام سیبزمینی مورد استفاده برای تولید محصولات خشک‌شده و همچنین یافتن بهترین خشک‌کن، می‌توان از مقایسه برخی ترکیب‌ها مانند قندهای احیاء‌کننده، نشاسته و اسید اسکوربیک و همچنین توانایی جذب آب مجدد قطعات خشک‌شده استفاده کرد و از آنجا که تاکنون تحقیق جامعی در مورد امکان تولید فرآورده‌های خشک‌شده از سیبزمینی‌های استان گلستان صورت نگرفته است، لزوم تحقیق و بررسی در این مورد مشخص می‌باشد.

هدف از این تحقیق، بررسی اثر رقم سیبزمینی (آگریا، ساتینا و کنبک که از ارقام عمده استان گلستان بوده و از نظر مقدار ماده خشک و سطح زیر کشت شاخص بودند)، نوع خشک‌کن (آون هوای گرم و مایکروویو آون) و دمای آب مورد استفاده جهت جذب آب (۲۵ درجه سانتی‌گراد که تقریباً معادل دمای محیط است و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد که معادل دمای جوش آب است)، بر کیفیت محصولات خشک‌شده و انتخاب بهترین رقم، خشک‌کن و دمای آب می‌باشد. نتایج به دست آمده می‌توانند جهت ارایه به مسئولان و حمایت‌گران بخش صنعت مورد استفاده قرار گیرند تا بدین وسیله بتوان راه را برای تولید فرآورده‌های خشک‌شده سیبزمینی از بهترین رقم و توسط بهترین خشک‌کن هموار ساخت و از اتلاف این ماده ارزشمند تا حد زیادی کاست.

## مواد و روش‌ها

### الف: مواد مورد استفاده:

- ۱- سه رقم سیبزمینی تولیدی در استان گلستان شامل آگریا، کنبک و ساتینا
- ۲- آب مقطر
- ۳- گایاکول
- ۴- هیدروژن پراکساید
- ۵- سولفات مس ۵ مولکول آب
- ۶- تارتارات مضاعف سدیم و پتاسیم

اولیه آنها، نسبت مستقیمی با نوع رقم و خواص فیزیولوژیک آن، نحوه کشت، نوع خاک و شرایط نگهداری پس از برداشت دارد زیرا در صورت نگهداری در شرایط نامناسب، فعالیت آنزیماتیک افزایش یافته و منجر به جوانه‌زنی می‌شود که در این حالت سیبزمینی برای تولید محصولات صنعتی مناسب نمی‌باشد (اورایکول و مولدینا، ۱۹۸۱). به‌طور مثال، بالا بودن مقدار نشاسته و اثر تورم مولکول‌های آن بر تخریب بافتی سیبزمینی‌های خشک‌شده، پیش از این، توسط فلاحی (۱۹۹۷)، تأیید شده بود.

توانایی جذب آب مجدد قطعات خشک‌شده نیز یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مواد خشک می‌باشد به‌طوری‌که اگر ماده‌ای در پایان فرآیند خشک کردن، دارای کیفیت تغذیه‌ای مناسبی باشد اما قدرت جذب آب مناسبی نداشته باشد، عملاً ماده‌ای نامناسب و غیرقابل مصرف تلقی می‌شود (لی و همکاران، ۲۰۰۶).

توانایی جذب آب مجدد یک ماده خشک، نسبت مستقیمی با شرایط ماده خام به‌طور مثال مقدار محتوای رطوبت (مادامبا و همکاران، ۱۹۹۴؛ رحمان و پوتلوری، ۱۹۹۰)، نوع خشک‌کن (دورانس و وانگ، ۲۰۰۲؛ ال دین و شوک، ۱۹۹۹)، دمای خشک‌کن (کروکیدا و مارینوس کوریس، ۲۰۰۲)، زمان ماندگاری و دمای آب مورد استفاده (نوبرت و همکاران، ۱۹۶۸؛ دجمدی و ران جوئنکو، ۲۰۰۷) دارد.

براساس تحقیق‌های انجام شده، به دلیل تخلخل بالا و بافت خاص مواد خشک‌شده در مایکروویو آون، قدرت و توانایی جذب آب در آنها بیشتر است (خرایشه و همکاران، ۲۰۰۴؛ عسگری و همکاران، ۲۰۰۴).

دمای آب مورد استفاده برای جذب آب مجدد نمونه‌ها نیز با توجه به تأثیری که بر بافت ماده دارد، می‌تواند هم در سرعت و هم در میزان جذب آب تأثیرگذار باشد (ابوقتام، ۱۹۹۸؛ ماهاراج و سانکات، ۲۰۰۰؛ گارسیا و همکاران، ۲۰۰۵).

سیبزمینی، غده‌های پوست‌گیری شده، توسط دستگاه خردکن، رنده و سپس به‌وسیله آب داغ  $95 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد در مدت ۳ دقیقه بلانچ و در نهایت آبکش شده و تا تبخیر آب سطحی مدتی ماندند. اما برای تولید مکعب‌های  $1 \times 1 \times 1$  سانتی‌متری (قطعات مکعبی)، پس از پوست‌گیری، سیبزمینی‌ها توسط دستگاه خلال‌کن دستی به‌صورت خلال‌هایی با سطح مقطع ۱ سانتی‌متر در آمده و سپس با دست به قطعات مکعبی تبدیل شده و در دمای  $95 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و در مدت ۵ دقیقه بلانچ شدند. حد کفایت بلانچینگ، به کمک محلول گایاکول و هیدروژن پراکساید مورد بررسی قرار گرفت (AOAC، ۲۰۰۵).

برای خشک کردن سیبزمینی‌ها از دو دستگاه شامل آون هوای داغ و مایکروویو آون استفاده شد. دمای آون هوای گرم،  $65 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و سرعت جریان هوای داخل آن، ۲ متر بر ثانیه بود. در طول زمان خشک شدن، نمونه‌ها زیر و رو شدند تا حرارت به‌طور یکنواخت به آنها برسد و این کار تا رسیدن به رطوبت ۵ درصد برای محصول پودر و ۷ درصد برای محصول قطعات مکعبی ادامه یافت (فلاحی، ۱۹۹۷). در مایکروویو آون نیز از توان ۳۰۰ وات استفاده شد. این توان براساس تحقیق‌های سایرین و همچنین تولید نمونه در توان‌های بالاتر و پایین‌تر (آزمون و خطا)، انتخاب شد. رطوبت اولیه نمونه‌ها بسته به نوع رقم، بین ۷۹ تا ۸۲ درصد بود.

فرآیند رسیدن رطوبت نمونه‌ها به‌میزان مورد نظر، در آون هوای گرم ۳-۴ ساعت و در مایکروویو آون، حدود ۲-۲/۵ ساعت طول کشید. پس از خشک شدن، نمونه‌ها در دسیکاتور قرار گرفتند تا خنک شوند اما برای تهیه پودر سیبزمینی، پس از این مرحله، قطعات به‌وسیله دستگاه آسیاب، به‌صورت گرانول‌های ریز در آمده و با عبور از الکی با مش ۳۰، طبقه‌بندی و یکنواخت شدند. **آزمون‌های شیمیایی:** پس از تولید محصولات مورد نظر، سه ترکیب شامل قندهای احیاء‌کننده، نشاسته و اسید اسکوربیک محصولات تولیدی اندازه‌گیری و با هم مقایسه شدند.

۷- سود

۸- متیلن بلو

۹- گلوکز

۱۰- دی کلروفنل ایندوفنل

۱۱- اسید استیک

۱۲- اسید اسکوربیک خالص

۱۳- نشاسته خالص

۱۴- اتانول

تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده تولیدشده تحت نام مارک تجاری مرک<sup>۱</sup> در کشور آلمان بودند.

**ب: دستگاه‌های مورد استفاده:**

۱- پوست‌گیر سایشی (ساخت مجتمع صنعتی اصفهان،

ایران)

۲- خردکن (مایسان<sup>۲</sup>)

۳- خلال‌کن دستی

۴- آون هوای داغ (ممرت<sup>۳</sup>، ساخت کشور آلمان)

۵- مایکروویو آون (سامسونگ<sup>۴</sup>، ساخت کشور

کره‌جنوبی)

۶- آسیاب (پارس خزر، ساخت کشور ایران)

۷- الک با مش ۳۰

۸- بن ماری (ممرت مدل ۵، ساخت کشور آلمان)

۹- اسپکتوفتومتر (شیماتسو<sup>۶</sup>، ساخت کشور ژاپن)

**ج: روش کار:**

**تولید محصول خشک‌شده:** برای شروع آزمایش‌ها، درصد رطوبت هر یک از ارقام اندازه‌گیری شد. گام بعدی، تولید محصولات خشک‌شده بود. در این راستا، مقداری از سیبزمینی‌ها توسط دستگاه پوست‌گیر سایشی، پوست‌گیری شده و در آبی با دمای اتاق غوطه‌ور شدند تا از تغییر رنگ آنها جلوگیری به‌عمل آید. سپس با توجه به نوع محصول (پودر و قطعات مکعبی)، فرآیند آماده‌سازی به دو صورت انجام گرفت بدین‌شکل که برای تولید پودر

1- Merck

2- Myson

3- Memmert, ULM400

4- Samsung, CE3110N

5- Memmert, WB14

6- Schimatso, UV1601tc

برای اندازه‌گیری قندها، از روش تیتراسیون فهلینگ (AOAC، ۲۰۰۵) استفاده شد.

برای اندازه‌گیری اسید اسکوربیک نیز عصاره خارج شده از محصول، در برابر محلول ۲ و ۶ دی کلروفنل ایندو فنل تیترا شد (AOVC، ۱۹۶۶).

برای اندازه‌گیری نشاسته از روش ارایه‌شده توسط فیبریون (۱۹۵۳) استفاده شد بدین ترتیب که ابتدا عصاره حاوی نشاسته از ماده استخراج شده و سپس به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار آن مشخص گردید. در این راستا ابتدا منحنی استاندارد به کمک قرار دادن محلول‌هایی با غلظت‌های متفاوت از نشاسته خالص، ترسیم شد. سپس به کمک Excel، معادله منحنی مذکور، به‌دست آمد که با قرار دادن مقدار ضریب شکست در آن، مقدار نشاسته مشخص شد.

**بررسی جذب آب قطعات خشک‌شده:** برای بررسی توانایی جذب آب نمونه‌ها، از روش غوطه‌ورسازی در آب مقطر استفاده شد (کانینگام و همکاران، ۲۰۰۷). آب مورد استفاده در دو دما قرار داشت که شامل آبی با دمای محیط (تقریباً  $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد) و دمای جوش ( $100$  درجه سانتی‌گراد) بود. نمونه‌ها در آب غوطه‌ور شده (نسبت آب مورد استفاده تقریباً  $500$  میلی‌لیتر به‌ازای  $15$  گرم نمونه بود) و شروع به جذب آب کردند تا جایی که تغییر وزنی نمونه‌ها که ناشی از افزایش رطوبت و جذب آب بود، به حداقل رسیده و تقریباً ثابت شد. این نقطه را نقطه نهایی و درصد آب جذب شده، حداکثر قابلیت ماده برای جذب آب در نظر گرفته شد (کانینگام و همکاران،

۲۰۰۷). برای به‌دست آوردن درصد آب جذب شده توسط نمونه‌ها، از رابطه زیر که توسط انجمن کشاورزی آمریکا نیز مورد تأیید قرار گرفته (لوئسکه، ۲۰۰۵)، استفاده شد.

(۱)

$(WR \times (100 - A) / WD - (WD \times WM))$  = ضریب بازجذب آب

WR: وزن نمونه (گرم) پس از جذب آب مجدد

WD: وزن نمونه خشک (گرم)

WM: رطوبت ماده خشک‌شده (بر پایه مرطوب)

A: رطوبت ماده اولیه (بر پایه مرطوب)

**تجزیه و تحلیل آماری:** در این تحقیق هر آزمون سه بار تکرار شد. برای آنالیز داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل استفاده شد و میانگین‌های به‌دست آمده به کمک نرم‌افزار SAS و آزمون LSD در سطح ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

**اندازه‌گیری و مقایسه مقدار قندهای احیاء‌کننده، نشاسته و اسید اسکوربیک در محصولات تولیدی:** در جدول ۱ مقدار قندهای احیاء‌کننده در دو محصول پودر و قطعات مکعبی، اندازه‌گیری شده و با هم مقایسه شدند. همچنین تفاوتی که از نظر مقدار قندهای احیاء‌کننده در محصولات تولیدشده در آون هوای گرم و مایکروویو آون وجود دارد نیز در این جدول نشان داده شده است. از طرفی مقدار قندهای محصولات تولیدشده از سه رقم سیب‌زمینی نیز با هم مقایسه شده‌اند.

جدول ۱- اثر نوع خشک‌کن، نوع محصول و رقم سیب‌زمینی بر مقدار قندهای احیاء‌کننده (درصد).

رقم	خشک‌کن		مایکروویو		آون
	محصول	پودر	قطعات مکعبی	پودر	
آگریا	$3/348^{Bba}$	$4/918^{Aba}$	$2/881^{Cb}$	$5/364^{Aa}$	
ساتینا	$3/578^{Ba}$	$5/607^{Aa}$	$3/612^{Ba}$	$5/154^{Aa}$	
کنیک	$2/977^{Bb}$	$4/541^{Ab}$	$2/635^{Bb}$	$4/646^{Aa}$	

میانگین‌های دارای حروف متفاوت (A-C) در هر سطر دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

میانگین‌های دارای حروف متفاوت (a-b) در هر ستون دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

نتایج به دست آمده از مقایسه مقدار قندهای احیاءکننده در دو محصول پودر و قطعات مکعبی، نشان دادند که در هر سه رقم، مقدار قندهای احیاء موجود در پودر، تفاوت معنی داری با قطعات مکعبی داشتند ( $P < 0/05$ ) و این امر؛ هم در محصولات تولیدشده در مایکروویو آن و هم در محصولات تولیدی در آن هوای گرم مشاهده شد. در واقع مقدار قندهای احیاءکننده در پودر به طور معنی داری کمتر از قطعات مکعبی بود. توجه این تفاوت می تواند در روش آماده سازی سیبزمینی ها برای خشک کردن باشد بدین معنی که برای تهیه پودر، لازم است سیبزمینی خام رنده شده و سپس فرآیند آنزیم ببری (بالانچینگ) روی آن انجام شود در حالی که برای تهیه قطعات مکعبی، سیبزمینی به شکل قطعات  $1 \times 1 \times 1$  سانتی متری درآمده و سپس آنزیم ببری می شوند. با توجه به متفاوت بودن شکل ظاهری این دو محصول و سطح تماس بیشتر قطعات رنده شده با آب در حین شستشو و آنزیم ببری، افت مواد محلول در آب از جمله قندها در این محصول قابل توجه است. در این راستا، کوپلمن و سوگای (۱۹۷۷) و کابرو همکاران (۲۰۰۶)، طی تحقیق های خود نشان دادند که مجموعه عملیات انجام گرفته روی سیبزمینی جهت آماده سازی آن برای تولید محصولات گوناگون، تأثیر به سزایی در افت یا تغییر مقدار قندهای احیاءکننده، اسید اسکوربیک و نشاسته دارد. ملاحظه شد که نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج پژوهش های این افراد هم خوانی داشت.

با مقایسه مقدار قندهای احیاءکننده موجود در محصولات تولیدی در آن هوای گرم و مایکروویو آن، ملاحظه شد که در اکثر مواقع، تفاوت معنی داری وجود نداشته است همچنین ملاحظه می شود که در اکثر موارد، مقدار قند احیاءکننده موجود در محصولات تولیدشده از رقم ساتینا بیشتر بوده و از آنجا که بالا بودن قندهای احیاءکننده، به دلیل مستعد بودن آنها برای شرکت در واکنش های قهوه ای شدن غیر آنزیمی، نامناسب است، امکان تغییر رنگ نامطلوب این رقم بیشتر بوده است.

یکی دیگر از ویژگی هایی که می تواند بیانگر کیفیت محصول تولیدشده از سیبزمینی باشد، مقدار اسید اسکوربیک آن محصول است (لین و همکاران، ۱۹۹۸؛ وانگ و همکاران، ۱۹۹۲) و به طور طبیعی هرچه مقدار اسید اسکوربیک باقی مانده در محصولی بیشتر باشد، می تواند بیانگر این حقیقت باشد که فرآیند اعمال شده بر آن محصول، مناسب تر و بهتر بوده است.

در جدول ۲، نتایج حاصل از مقایسه مقدار اسید اسکوربیک باقی مانده در دو محصول پودر و قطعات مکعبی، آورده شده اند. از طرفی به کمک اطلاعات مندرج در همین جدول، مقایسه هایی بین مقدار اسید اسکوربیک باقی مانده در محصولات تولیدشده در آن هوای گرم و مایکروویو آن انجام شده و و اثر رقم سیبزمینی بر مقدار اسید اسکوربیک محصولات نیز بررسی شده است.

جدول ۲- اثر نوع خشک کن، نوع محصول و رقم سیبزمینی بر مقدار اسید اسکوربیک ( $100 \text{ gr}$  ماده خشک /  $\text{mgr}$ ).

رقم	خشک کن		مایکروویو		آن
	محصول	پودر	قطعات مکعبی	پودر	
آگریا		۶/۰۸۷ <sup>Bc</sup>	۷/۳۳۸ <sup>Ac</sup>	۵/۸۸۴ <sup>Ba</sup>	۷/۱۳۳ <sup>Aa</sup>
ساتینا		۷/۳۰۴ <sup>Bb</sup>	۸/۷۰۵ <sup>Ab</sup>	۶/۰۸۷ <sup>Ca</sup>	۷/۲۵۴ <sup>Ba</sup>
کنیک		۹/۱۳۱ <sup>Ba</sup>	۱۰/۸۸۴ <sup>Aa</sup>	۵/۸۸۴ <sup>Da</sup>	۷/۲۵۴ <sup>Ca</sup>

میانگین های دارای حروف متفاوت (A-C) در هر سطر دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می باشند.

میانگین های دارای حروف متفاوت (a-c) در ستون هر دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می باشند.

ملاحظه می‌شود، مقدار اسید اسکوربیک موجود در محصول پودر، به‌طور معنی‌داری کمتر از محصول قطعات مکعبی بوده ( $P < 0.05$ ) و این تفاوت مانند ویژگی‌های قبلی که اندازه‌گیری شده بودند، به تفاوت اندازه قطعات و سهولت خروج مواد جامد از سیب‌زمینی‌های رنده شده باز می‌گردد. کابر و همکاران (۲۰۰۶) و کوپلمن و سوگای (۱۹۷۷) نیز به اهمیت نوع فرآوری و اندازه و شکل قطعات بر کیفیت محصول نهایی، اشاراتی داشتند. از طرفی دیگر، از آن‌جا که اسید اسکوربیک به عواملی مانند دما و اکسیژن حساس بوده و قابلیت حل شدن در آب را نیز دارد (فاطمی، ۲۰۰۵)، بخش عمده آن طی فرآیندهایی مانند پوست‌کنی، شستشو و آنزیم‌بری در آب داغ، از بین می‌رود.

همچنین ملاحظه می‌شود که در اکثر موارد، مقدار اسید اسکوربیک موجود در محصولات تولیدشده در مایکروویو آون، به‌طور معنی‌داری بیشتر از محصولات تولیدی در آون هوای گرم بوده است. توجه این امر در تفاوت مکانیسم خشک شدن در این دو دستگاه می‌باشد. در خشک‌کن هوای گرم، پایین بودن سرعت انتقال حرارت به دلیل هدایت حرارتی کم، موجب آسیب دیدن خواص تغذیه‌ای و اکسیداسیون رنگ‌دانه‌ها و ویتامین‌ها می‌شود. یکی از عوامل تخریب اسید اسکوربیک نیز، اکسیده شدن در مجاورت اکسیژن و حرارت می‌باشد و به‌همین دلیل افت مقداری آن در محصولات خشک‌شده در آون، چشم‌گیرتر از محصولات خشک‌شده در مایکروویو آون است چراکه زمان خشک شدن توسط

تشعشعات مایکروویو، به‌طور محسوسی کاهش می‌یابد (میرنظامی ضیابری و همکاران، ۲۰۰۱)، لذا مقدار آسیب‌های وارده به مواد خشک‌شده کمتر است. نتایج تحقیق‌های لابوزا و همکاران (۱۹۷۲)، کیرک (۱۹۷۷)، لین و اسکامن (۱۹۹۸)، ال دین و شوک (۱۹۹۹)، وانگ و همکاران (۱۹۹۲)، ژنگ و همکاران (۲۰۰۳) و خرایشه و همکاران (۲۰۰۴) در زمینه پایداری اسید اسکوربیک نیز نشان دادند که مقدار باقی‌مانده این ویتامین در محصولات خشک‌شده در مایکروویو آون، بیش از نمونه‌های خشک‌شده در آون با جریان هوای گرم بوده است.

با مقایسه مقدار اسید اسکوربیک در محصولات تولیدشده از سه رقم سیب‌زمینی، ملاحظه می‌شود که در اکثر موارد، مقدار اسید اسکوربیک باقی‌مانده در محصولات رقم کنبک، بالاتر بوده و این امر بیانگر آن است که مقاومت این رقم در برابر حرارت اعمال شده بیشتر بوده و توانسته مقدار بیشتری از اسید اسکوربیک را در بافت خود حفظ کند. از طرفی می‌تواند نشان‌دهنده کمتر بودن برخی فلزات از جمله آهن و مس در ترکیب رقم کنبک باشد چرا که این دو فلز با تشکیل کمپلکس با اسید اسکوربیک، در حین اکسیداسیون، موجب نابودی بیشتر این ماده می‌شوند.

نشاسته نیز جزو ترکیبات مهم در سیب‌زمینی است و مقدار آن هم از بعد صنعتی و هم از لحاظ تغذیه‌ای، دارای اهمیت می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه اثر نوع خشک‌کن، نوع محصول و رقم سیب‌زمینی بر مقدار نشاسته، در جدول ۳ درج شده‌اند.

جدول ۳- اثر نوع خشک‌کن، نوع محصول و نوع رقم بر مقدار نشاسته در صد گرم ماده خشک.

رقم	مایکروویو		آون	
	پودر	قطعات مکعبی	پودر	قطعات مکعبی
آگریا	۴۸/۸۴ <sup>Bb</sup>	۴۹/۹۰ <sup>۲Ab</sup>	۴۹/۰۱۲ <sup>Bb</sup>	۵۰/۱۴۸ <sup>Ab</sup>
ساتینا	۵۰/۴۶ <sup>Ba</sup>	۵۶/۵۱۶ <sup>Aa</sup>	۵۰/۰۱۹ <sup>Ba</sup>	۵۷/۱۰۱ <sup>Aa</sup>
کنبک	۴۶/۸۱۲ <sup>Bc</sup>	۴۸/۱۴۲ <sup>Ac</sup>	۴۶/۶۸۲ <sup>Bc</sup>	۴۸/۴۴۷ <sup>Ac</sup>

میانگین‌های دارای حروف متفاوت (A-D) در هر سطر دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

میانگین‌های دارای حروف متفاوت (a-c) در ستون هر دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

ملاحظه می‌شود که درصد نشاسته موجود در قطعات مکعبی بیشتر از نشاسته موجود در پودر بوده و این امر در مورد هر سه رقم و هر دو خشک‌کن، صادق و این تفاوت‌ها معنی‌دار بوده‌اند ( $P < 0/05$ ). کمتر بودن نشاسته موجود در پودر را مانند ویژگی‌های قبلی، می‌توان به تفاوت روش آماده‌سازی سیب‌زمینی‌ها برای تولید پودر مربوط دانست. کوپلمن و سوگای (۱۹۷۷) و کابر و همکاران (۲۰۰۶)، نیز در تحقیق‌های خود به این امر اشاره کرده بودند. نشاسته نیز جزو ترکیباتی است که بر اثر اعمال فرآیندهای گوناگون، دچار تغییرات کمی و کیفی می‌شود. تحقیقات انجام شده روی نشاسته سیب‌زمینی‌های خشک‌شده، نشان دادند که تجزیه نشاسته به کمک آمیلازها در طول فرآیند خشک کردن به‌وسیله هوای داغ، موجب افزایش بیشتر ظرفیت اتصال به آب، کاهش ویسکوزیته و افزایش هضم‌پذیری آن می‌گردد و به‌همین دلیل خروج نشاسته از محصولات خشک‌شده در آون هوای گرم، راحت‌تر از محصولات خشک‌شده در مایکروویو آون می‌باشد. نتایج به‌دست آمده از تحقیق‌های رامش و همکاران (۲۰۰۵) در مورد نشاسته سیب‌زمینی‌های خشک‌شده در آون، نتایج به‌دست آمده در این تحقیق را تأیید می‌نماید. در مقایسه سه رقم نیز مشاهده شد که ساتینا بیشترین و کنبک، کمترین مقدار نشاسته را داشته‌اند.

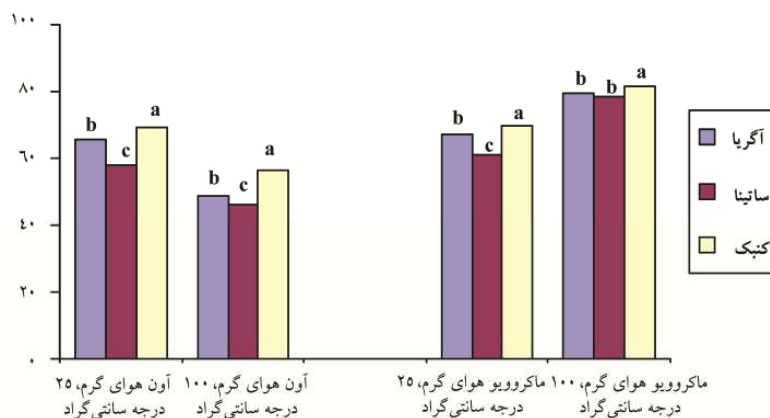
**بررسی توانایی بازجذب آب قطعات خشک‌شده و عوامل مؤثر بر آن:** توانایی بازجذب آب قطعات خشک‌شده نیز جزو خواص مهم آنها می‌باشد و این احتمال وجود داشت که تفاوت‌هایی از این نظر بین محصولات تولیدشده در دو خشک‌کن باشد، بنابراین توانایی جذب آب قطعات تولیدشده در آون هوای گرم و

مایکروویو آون، برحسب درصد آب جذب‌شده اندازه‌گیری شده و مقایسه‌هایی بین آنها انجام شد که نتایج به‌دست آمده، در شکل‌های ۱ و ۲ مشخص شده‌اند.

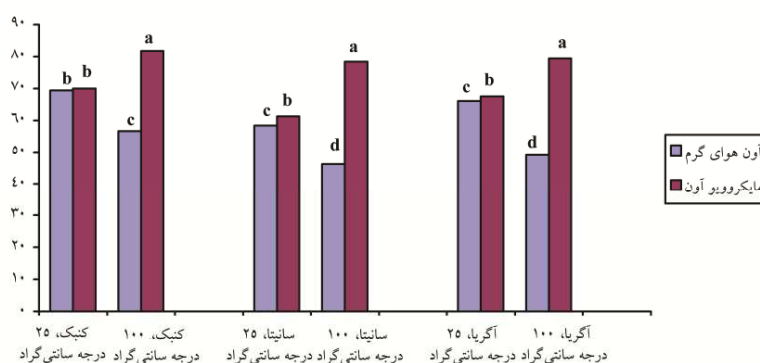
همان‌طور که ملاحظه می‌شود، اثر رقم سیب‌زمینی بر توانایی جذب آب، معنی‌دار بوده و میانگین‌ها با هم تفاوت معنی‌داری داشتند ( $P < 0/05$ ). رقم کنبک، درصد آب بیشتری نسبت به دو رقم دیگر، جذب کرده و پس از آن، رقم آگریا جذب آب بهتری داشته و در نهایت ساتینا در مقام سوم قرار گرفته بود.

بالتر بودن توانایی جذب آب رقم کنبک، بیانگر این است که بافت این رقم، در حین خشک شدن، آسیب کمتری دیده و توانایی آن برای جذب آب، در حد بالاتری نسبت به دو رقم دیگر قرار داشته است. توجیه این امر را می‌توان در مقدار نشاسته موجود در هر یک از این ارقام دانست بدین معنی که اگرچه نشاسته موجب افزایش ارزش غذایی و انرژی محصول می‌گردد اما مولکول‌های آن در حین حرارت‌دهی، با جذب آب اطراف متورم شده و به بافت اطراف خود آسیب می‌زنند. به‌طور طبیعی هرچه مقدار نشاسته در رقمی بیشتر باشد، تورم و آسیب بافتی افزایش خواهد یافت و رقم یاد شده، توانایی کمتری در حفظ آب جذب شده خواهد داشت. در بین سه رقم مورد نظر نیز رقم کنبک کمترین مقدار و رقم ساتینا بیشترین مقدار نشاسته را داشته‌اند بنابراین با توجه به آنچه توضیح داده شد، انتظار می‌رفت که آسیب وارد شده به بافت کنبک بر اثر تورم مولکول‌های نشاسته، کمتر از دو رقم دیگر باشد که نتایج نیز این امر را تأیید کردند. اثر نشاسته بر تخریب بافتی سیب‌زمینی‌های خشک‌شده، پیش از این، توسط فلاحی (۱۹۹۷)، تأیید شده بود.





شکل ۱- اثر رقم سیب‌زمینی بر توانایی جذب آب مجدد نمونه‌های خشک‌شده.



شکل ۲- اثر نوع خشک‌کن و دمای آب مورد استفاده بر توانایی جذب آب قطعات خشک‌شده.

۲۰۰۱؛ دورانس و وانگ، ۲۰۰۲؛ خرایشه و همکاران، ۲۰۰۴)، تخلخل محصول نهایی موجب افزایش سرعت و توانایی جذب آب می‌گردد که این امر با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق هم‌خوانی دارد. عسگری و همکاران (۲۰۰۴) نیز با اضافه کردن تیمار مایکروویو، به این نتیجه رسیده بودند که این خشک‌کن موجب تخلخل بیشتر در بافت ماده و افزایش توانایی جذب آب آن می‌گردد. بالاتر بودن توانایی جذب آب نمونه‌های خشک‌شده در مایکروویو آون، به دلیل آن است که مولکول‌های نشاسته موجود در مواد نشاسته‌ای از جمله سیب‌زمینی، بر اثر حرارت اعمال‌شده در حین خشک‌کردن، کم‌کم آب اطراف سلولی را جذب کرده و متورم می‌شوند. این تورم موجب آسیب رسانی به بافت اطراف سلول‌های نشاسته‌ای شده و به‌طور طبیعی بافت آسیب‌دیده، توانایی کمتری برای جذب و حفظ آب دارد. روند تورم مولکول‌های

همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، تفاوت معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بین آب جذب‌شده توسط محصولات خشک‌شده در مایکروویو آون، با محصولات خشک‌شده در آون هوای گرم، وجود دارد و در اکثر موارد، توانایی محصولات خشک‌شده در مایکروویو آون، برای جذب آب، بیشتر بوده است. ال دین و شوک (۱۹۹۹) نیز با مقایسه اثر خشک‌کن‌ها بر توانایی جذب آب مجدد، به این نتیجه رسیده بود که محصولات خشک‌شده در مایکروویو آون، درصد بیشتری آب را بازجذب می‌کنند. توجه این مسأله، در تفاوت اساسی نحوه خشک شدن مواد در این دو روش می‌باشد. چنگ و همکاران (۲۰۰۵)، سختی و چروکیدگی مواد خشک‌شده در آون هوای گرم، در اکثر مواقع جذب آب را تا حدودی مشکل می‌سازد اما در مایکروویو آون، با توجه به تحقیقات افرادی نظیر میرنظامی - ضیاءبری و همکاران،

نشاسته، در آونی با جریان هوای گرم، به آرامی انجام می‌گیرد اما در مایکروویو آون، به دلیل سرعت بالای خروج آب، رطوبت قابل جذب توسط مولکول‌های نشاسته برای ایجاد تورم، به سرعت از دسترس آنها خارج شده و در نتیجه میزان تورم این مولکول‌ها در مایکروویو آون کمتر خواهد بود که خود به کاهش آسیب بافتی ناشی از تورم نشاسته منجر می‌شود، بنابراین به دلیل سالم‌تر ماندن بافت قطعات، قدرت حفظ آب آنها نیز بیشتر خواهد بود. فلاحی (۱۹۹۷) نیز طی به اثر مخرب تورم مولکول‌های نشاسته بر بافت سیب‌زمینی‌های خشک‌شده، اشاره کرده بود.

در مورد اثر دما بر توانایی جذب آب، با توجه به شکل ۲، ملاحظه می‌شود که در محصولات تولیدی در آون هوای گرم، درصد جذب آب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است در حالی که در محصولات تولیدی در مایکروویو آون، این روند برعکس بوده است. این امر را می‌توان با تفاوت ساختاری محصولات توجیه کرد بدین معنی که در محصولات خشک‌شده توسط آون هوای گرم، به دلیل ساختار متراکم، جذب آب کندتر است و در دمای جوش، زمان بیشتری طول می‌کشد تا بافت سخت ماده بر اثر حرارت آب باز شده و رطوبت جذب آن شود. در این مدت مقداری از بافت درونی و سطحی ماده وارد آب داغ شده و موجب کاهش وزنی آن می‌شود. در نهایت به دلیل آسیبی که به بافت وارد شده، توانایی جذب و حفظ آب کاهش می‌یابد در حالی که این پدیده در دمای پایین رخ نداده و جذب آب گرچه با سرعت بسیار کمتر اما با مقدار بیشتر رخ می‌دهد. نتایج تحقیقات دجمدی و ران جوئنگو (۲۰۰۷) نیز در تأیید نتایج به دست آمده در این تحقیق بود. اما در محصولات خشک‌شده توسط مایکروویو آون، شرایط متفاوت بود و به دلیل بافت متخلخل، به محض

قرار گرفتن در آب جوش، جذب آب با سرعت بالایی آغاز شده و پیش از وارد آمدن آسیب به بافت، به حداکثر جذب رسیدند، لذا سرعت و قدرت جذب آب در دمای جوش بالاتر از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. (آبوقنام، ۱۹۹۸؛ ماهاراج و سانکات، ۲۰۰۰؛ گارسیا و همکاران، ۲۰۰۵). نیز تحقیقاتی در این زمینه انجام دادند و نتایج آنها با نتایج به دست آمده، همخوانی داشت.

### نتیجه گیری

در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده و مقایسه‌های انجام شده، ملاحظه شد که هر سه رقم سیب‌زمینی انتخابی، به دلیل پایین‌تر بودن قندهای احیاءکننده و قابلیت تبدیل به محصولات خشک‌شده با راندمان بالا، جزو ارقام مناسب بودند. در این بین آگریا به دلیل داشتن رنگ زرد شفاف و درخشان و کمترین میزان قندهای احیاءکننده، بسیار شاخص بود. در بین دو خشک‌کن مورد استفاده نیز، مایکروویو آون به دلیل کاهش زمان خشک کردن و حفظ ارزش غذایی و بافتی محصول پیشنهاد می‌گردد گرچه برای توجیه اقتصادی بیشتر، بهتر است به صورت تلفیقی با آون هوای گرم به کار برود. برای جذب آب قطعات خشک‌شده نیز، در مورد محصولات تولید شده در آون هوای گرم، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در مورد محصولات خشک‌شده توسط مایکروویو آون، دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد پیشنهاد می‌شود.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات آقای مهندس امیر دارایی و خانم‌ها مهندس زهرا حاتمی و مهندس هانیه رستم‌زاد که با راهنمایی‌های خود راه برای انجام این تحقیق هموار نمودند و همچنین از مسئولان سردخانه زمهریر که در نگهداری نمونه‌ها همکاری نمودند، سپاسگزاری می‌نمائیم.

## منابع

1. Abu-Ghannam. 1998. Modelling textural changes during the hydration process of red beans, Journal of Food Engineering. 38: 341-352.
2. A.O.A.C. 2005. Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists. 17 ed., Washington. D.C.
3. A.O.V.C. 1966. Association of Vitamin Chemists. Method of vitamin assay. Inter Science Publisher, London.
4. Askari, G.R., Emam-Djomeh, Z., and Mousavi, S.M. 2004. Effect of combined coating and microwave assisted hot air drying on the texture, microstructure and rehydration characteristics of apple slices. Iranian journal of agricultural sciences, 35: 777-785.
5. Chen, X.D. 2002. On the characteristic drying rate approach to correlating experimental results of the drying of moist porous materials. Canadian journal of chemical engineering, 80: 984-990.
6. Cheng, W.M., Raghavan, G.S.V., Ngadi, M., and Wang, N. 2005. Microwave power control strategies on the drying process, phase controlled and cycle-controlled. Journal of Food Engineering, 76: 2. 195-201.
7. Cunningham, S.E., McMinn, W.A.M., Magee, T.R.A., and Richardson, P.S. 2007. Effect of processing conditions on the water absorption and texture kinetics of potato. Journal of Food Engineering, 84: 2. 214-223.
8. Decareau, R.V. 1985. Microwave in the food processing industry. New York: Academic Press.
9. Djomdi, R.E., and Ndjouenkeu, R. 2007. Soaking behaviour and milky extraction performance of tiger nuts (*Cyperus esculentus*) tubers, Journal of Food Engineering, 78: 546-550.
10. Durance, T.D., and Wang, J.H. 2002. Energy consumption, density, and rehydration rate of vacuum microwave- and hot-air convection-dehydrated tomatoes. Journal of Food Science, 67: 2212-2216.
11. El-Din, M.H.A.S., and Shouk, A.A. 1999. Comparative study between microwave and convectational dehydration of okra. Grasas Y Aceites, 50: 454-459.
12. Fairbairn, N.J. 1953. A modified Anthrone reagent. Chem. Ind. London. 86p.
13. Fallahi, M. 1997. Science and technology of potato. Barsava press. First edition. (Translated in Persian). 250p.
14. Fatemi, H. 2005. Food chemistry. Sahamie enteshar. Press, 480p.
15. Feltran, J.C., Borges, L., Rogerio, L., and Vietes, L. 2004. Technological quality and utilization of potato tubers. Sci. Agric. 61: 598-603.
16. Garcia, P., Sanjuan, N., Bon, J., Carreres, J., and Mulet, A. 2005. Rehydration process of *Boletus edulis* mushroom: characteristics and modelling, Journal of the Science of Food and Agriculture, 85: 1397-1404.
17. Gunasekaran, S. 1999. Pulsed microwave-vacuum drying of food materials. Drying Technology. 17: 3. 395-412.
18. Hawlader, M.N.A., Perera, C., and Tian, M. 2005. Properties of modified atmosphere heat pump dried foods. Journal of Food Engineering, 74: 3. 392-400.
19. Kaaber, L., Brathen, E., Martinsen, B.K., and Shomer, I. 2006. The effect of storage conditions on chemical content of raw potato and texture of cooked potatoes. J. Potato Research, 44: 153-163
20. Khraisheh, M.A.M., McMinn, W.A.M., and Magee, T.R.A. 2004. Quality and structural changes in starchy foods during microwave and convective drying, Food Research International. 37: 497-503.
21. Kirk, J., Dennison, D., Kokoczka, P., and Heldman, D. 1977. Degradation of ascorbic acid in a dehydrated food system. Journal of food Sciences. 42: 5. 1274-1279.
22. Kopelman, I.J., and Saguy, I. 1977. Drum dried beet powder. J. Food Technology. 12: 615-621.
23. Krokida, M.K., and Marinos-Kouris, D. 2002. Rehydration kinetics of dehydrated products.
24. Labuza, T.P., Mc Nally, L., Gallagher, D., and Hawkes, J. 1972. Stability of intermediate moisture foods. I. Lipid oxidation. Journal of food Science. 37: 154-159.
25. Lee, K.T., Farid, M., and Nguang, S.K. 2006. The mathematical modelling of the rehydration characteristics of fruits, Journal of Food Engineering. 72: Pp: 16-23.
26. Lin, T.M., Durance, T.D., and Scaman, C.H. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. Food Research International. 31: 2. 111-117.
27. Loesecke, H.W.V. 2005. Drying and dehydration of foods. Agrobios press, India, Pp: 263-255.

28. Lozano, J.E., Rotstein, E., and Urbicain, M.J. 1983. Shrinkage, porosity and bulk density of foodstuffs at changing moisture contents. *Journal of Food Science*. 48: 1497-1502.
29. Madamba, P.S., Driscoll, R.H., and Buckle, K.A. 1994. Shrinkage, density and porosity of garlic during drying. *Journal of Food Engineering*. 23: 309-319.
30. Maghsoudlou, Y. 1988. Studies on the utilization of potatoes for processing into convenience and nutritive food. M.Sc. thesis. Maharashtra India: Mahatma Phule Agricultural University, Department of Food Science and Technology.
31. Maharaj and Sankat, C.K. 2000. The rehydration characteristics and quality of dehydrated dasheen leaves, *Canadian Agricultural Engineering*. 42: 81-85.
32. Mirnezami-Ziabari, H., Hamidi-Esfahani, Z., and Faez, M. 2001. Microwave in food industry and homes. Moallegin press. Tehran. 301p.
33. Neubert, A.M., Wilson, C.W., and Miller, W.H. 1968. Studies on celery rehydration. *Food Technology*, 22: 94-99.
34. Ohlsson, T. 1992. Development and evaluation of a microwave sterilization process for plastic pouches. Paper presented at the 8<sup>th</sup> World congress of food Science and technology, Toronto, September 29-October.
35. Ooraikul, B., and Moledina, K.H. 1981. Physicochemical changes in potato granols during storage. *J. Food Sci*. 46: 110-116.
36. Rahman, M.S., and Potluri, P.L. 1990. Shrinkage and density of squid flesh during air drying. *Journal of Food Engineering*. 12: 133-143.
37. Ramesh, Y.A., Guha, M., Tharanathan, R.N., and Ramteke, R.S. 2005. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying techniques. *LWT-Food Science and Technology*. 39: 1. 20-26.
38. Shabani Goldareh, M. 1999. Food industry, volume 2. Tehran. Dolatmand press. (Translated in Persian)
39. Sohrabi, M. 1998. Technology of producing food. Tehran. Nashre daneshgahi press. (Translated in Persian)
40. Wang, X.Y., Kozempel, M.G., Hicks, K.B., and Sieb, P.A. 1992. Vitamin C stability during preparation and storage of potato flakes and reconstituted mashed potatoes. *Journal of Food Science*. 57: 5. 1136-1139.
41. Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A.S., and Wang, S. 2006. Trend in microwave related drying of fruits and vegetables. *Trend in food science and technology*. 17: 524-534.
42. Zheng, W.C., Shi, Y.X., and Da, W.S. 2003. Microwave- vacuum drying of carrot slices. *Journal of food engineering*. 65: 157-164.

## **Effect of drier type, cultivar, product and water temperature on major components and rehydration ratio of dried potato products**

**A. Salimi<sup>1</sup>, \*Y. Maghsoudlou<sup>2</sup>, H. Mirzai<sup>3</sup> and M. Kashaninejad<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Former M.Sc. student, Dept. of Food Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Food Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Food Sciences and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

---

---

### **Abstract**

Potato is one of the most important agricultural crops and there is remarkable loss of this produce because of unfavorable storage conditions. Therefore, it is vital to convert raw potatoes into some processed products such as dried ones. Our aim was to evaluate three cultivated potatoes of Golestan province of Iran (so-called Agria, Satina and Kenebek) to find the best cultivar for dehydration. Also, we investigated the influence of drier type (Microwave oven and Hot air oven) and shelf life on the rehydration behavior of processed potatoes (powder and cubes). Total sugars, reducing sugars and ascorbic acid contents were analysed to evaluate the processing effect on product components. The factorial completely randomized design was selected as the statistical design and three replications were conducted for each treatment. In order to examine the quality and shelf life of products during storage, the analyses were continued until three months. Results revealed that there is significant difference ( $P<0.05$ ) between microwave processed potatoes and hot air ones, due to different heat transfer mechanisms. For instance, ascorbic acid content in the former products was about 8.3 mg/100gr dry matter which was significantly ( $P<0.05$ ) higher than hot air dried potatoes. Also water absorption of the cubes which were dried in microwave oven, was about 12% more than hot air ones. It was concluded that all the three cultivars were suitable for producing dehydrated products. Agria had the lowest amount of reducing sugars and the best color accepted by the panelists and Kenebek had the highest rehydration ratio but from the overall point of acceptability, Satina received the highest score amongst three cultivars.

**Keywords:** Drying; Potato; Microwave oven; Hot air oven; Rehydration