

## بررسی تأثیر تیمار آبگیری اسمزی بر ویژگی‌های ظاهری سیب‌زمینی خشک شده با هوای داغ با روش پردازش تصویر

منوچهر یزدان‌پناه گنگچین<sup>۱\*</sup>، امان محمد ضیایی‌فر<sup>۲</sup>، مهدی کاشانی‌نژاد<sup>۳</sup> و علی اصغری<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۲۵

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>۲</sup> بترتیب استادیار و دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>۳</sup> استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

\*مسئول مکاتبه: Email: Yazdanpanah91@gmail.com

### چکیده

خشک کردن مواد غذایی، یکی از مهم‌ترین روش‌های نگهداری است که باعث کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و افزایش عمر نگهداری مواد غذایی می‌شود. چروکیدگی در طول خشک شدن نقش مهمی در تعیین کیفیت مواد غذایی خشک شده ایفا می‌کند. در این تحقیق، روشی مبنی بر ماشین‌بینایی برای ارزیابی اثر فرآیند آبگیری اسمزی بر روی چروکیدگی برش‌های سیب‌زمینی خشک شده با هوای داغ مورد استفاده قرار گرفت. تأثیر خشک کردن اسمزی در غلظت‌های مختلف ۵ و ۱۰ درصد وزنی محلول نمک، دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه روی پارامترهای وابسته به شکل نمونه بررسی شد. نمونه‌های شاهد بوسیله هوای داغ با دماهای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت هوای ۱ متر بر ثانیه خشک شدند. تغییرات مساحت، محیط، قطر اصلی و فرعی و کشیدگی بصورت مستمر در طول خشک کردن اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش دما، زمان و غلظت محلول اسمزی میزان چروکیدگی و کشیدگی کاهش یافت و میزان کشیدگی با کاهش محتوای رطوبتی افزایش یافت.

واژگان کلیدی: خشک کردن، آبگیری اسمزی، چروکیدگی و پردازش تصویر

### مقدمه

محسوب می‌شود. علت توجه زیاد به این روش افزایش زمان ماندگاری در مقایسه با سایر روش‌ها، تولید محصول با وزن و حجم کمتر و عدم نیاز به سردخانه و کاهش هزینه حمل و نقل و بسته‌بندی می‌باشد. خشک کردن با هوای داغ یکی از فرآیندهای رایج برای خشک کردن محسوب می‌شود. محصولات نهایی حاصل از این

مبدأ پیدایش سیب زمینی منطقه رسته کوه آند در کشورهای پرو و بولیوی می‌باشد. سیب‌زمینی محصولی است که از نظر کشاورزی اهمیت بالایی دارد و منبع اصلی کربوهیدرات به‌شمار می‌رود. به طور کلی خشک کردن یکی از روش‌های نگهداری مواد غذایی

روش دارای تخلخل پایین، تغییرات زیاد در خصوصیات ظاهری مانند چروکیدگی و ... می‌باشد. بنا به گزارش محققان، پیش فرآیند اسمزی صدمات ناشی از حرارت بر ویژگی‌های ظاهری و ارگانولپتیکی در میوه‌ها را کاهش می‌دهد. هدف اصلی آگیری اسمزی انتقال آب به بیرون از بافت در زمان کوتاه‌تر و بدون تغییر فاز، به حداقل رساندن صدمه به بافت سلولی در طول فرآیند، اصلاح کیفیت محصول نهایی، بهبود ویژگی‌های بافتی، کاهش چروکیدگی و کاهش هزینه انرژی می‌باشد. یکی از مهم‌ترین تغییرات فیزیکی که طی خشک کردن مواد غذایی ایجاد می‌شود، کاهش حجم است. چروکیدگی محصول علاوه بر میزان رطوبت ماده به ساختمان مواد و شرایط عملیاتی نیز بستگی دارد.

با توجه به اهمیت کیفیت ظاهری در درجه‌بندی محصولات غذایی و کشاورزی و تأثیر عواملی چون مساحت، محیط، یکنواختی آن و عیوب مختلف روی محصول و همچنین توانایی تشخیص این ویژگی‌ها با هزینه‌های خیلی پایین و سریع توسط ماشین بینایی<sup>۱</sup> به نظر می‌رسد پردازش تصویر در میان روش‌های غیرمخرب تشخیص عیوب توسط انسان بهترین می‌باشد. فناوری ماشین بینایی می‌تواند بسیار دقیق بوده و در عین غیر مخرب بودن، نتایج ثابتی را ارائه دهد. کلیه سیستم‌های کنترل اتوماتیک اساساً از یک دوربین، یک کامپیوتر و یک سیستم نوردهی تشکیل می‌شوند، چنین سیستمی، ماشین بینایی نامیده می‌شود که در اندازه‌گیری و بررسی کیفی محصولات کشاورزی و مواد غذایی موفق عمل کرده است. از دست دادن آب و گرم شدن باعث ایجاد تنش در ساختار سلولی مواد غذایی می‌گردد که نتیجه این حالت تغییر شکل و کاهش ابعاد آن است. چروکیدگی غیر یکنواخت باعث ایجاد ترک‌های سطحی در محصول، طی فرآیند خشک کردن می‌شود که منجر به ایجاد فشارهای نامتعادل و شکست

مواد می‌شود. حاتمی پور و مولا (۲۰۰۲) چروکیدگی که برای هویج در طی خشک شدن در خشک‌کن بستر سیال اتفاق می‌افتد را بررسی کردند. آنها دریافتند که میزان چروکیدگی در خشک‌کن بستر سیال به محتوای رطوبت نمونه در طی خشک شدن بستگی دارد. آنها دریافتند که سرعت هوا و دما اثر معنی‌داری بر روی چروکیدگی ندارد و میزان چروکیدگی با محتوای رطوبتی نمونه‌ها رابطه خطی دارد. یدالله‌نیا و همکاران (۲۰۰۹) تغییرات چروکیدگی سیب‌زمینی در طول خشک شدن را بررسی کردند. آنها تغییرات مساحت، محیط و کشیدگی نمونه‌ها را اندازه‌گیری ولی تغییرات در حجم نمونه‌ها را اندازه‌گیری نکردند. نتایج آنها نشان داد که با کاهش محتوای رطوبتی میزان چروکیدگی نمونه‌های در حال خشک شدن افزایش می‌یابد. اسجوهلم و گیکاس (۱۹۹۵)، م.س. لاگلین و ماگی (۱۹۹۸) و دیسا و همکاران (۲۰۰۸) بترتیب میزان چروکیدگی سیب، سیب‌زمینی و انبه را در طول خشک شدن بررسی کردند. راتی (۱۹۹۳)، مایور و سرنو (۲۰۰۴)، فرناندز و همکاران (۲۰۰۵)، گوین و همکاران (۲۰۰۶)، باتیستا و همکاران (۲۰۰۷)، هاسینی و همکاران (۲۰۰۷) و کینگسلی و همکاران (۲۰۰۷) نیز چروکیدگی برای میوه و سبزیجات مختلف در طول خشک شدن را بررسی کرده‌اند. هدف اصلی این مطالعه استفاده از پردازش تصویر برای اندازه‌گیری تغییرات پارامترهای وابسته به شکل سیب‌زمینی در طول خشک شدن است.

### مواد و روش‌ها

سیب‌زمینی وارپته آگریا جهت انجام این پژوهش از مرکز تحقیقات کشاورزی گرگان تهیه شد. محلول‌های اسمزی به‌کار رفته در این پژوهش با انحلال نمک در آب مقطر با غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد وزنی تهیه شد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. قبل از انجام آزمایش سیب‌زمینی‌ها در دمای ۵-۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس مدتی در دمای اتاق قرار گرفتند تا

<sup>1</sup> Machine Vision

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e}$$

MR = نسبت رطوبت

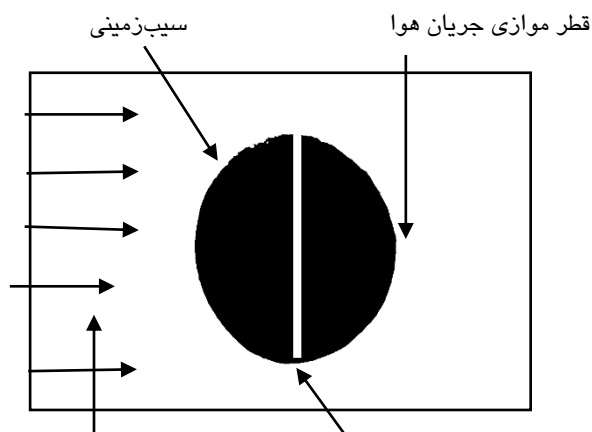
$M_t$  = رطوبت نمونه بر مبنای خشک در زمان t

$M_0$  = رطوبت اولیه بر مبنای خشک

$M_e$  = مقدار رطوبت تعادلی بر مبنای خشک

**خشک کردن تکمیلی و ارزیابی پارامترهای وابسته به شکل نمونه**

به منظور خشک کردن برش‌های سیب‌زمینی نمونه‌هایی که مرحله اسمزی را طی کرده‌اند به همراه نمونه‌های تازه (شاهد) در خشک‌کن هوای داغ در دماهای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت ۶ درصد خشک شدند. افت رطوبت نمونه‌ها و چروکیدگی سطحی در طول خشک شدن به ترتیب توسط لودسل متصل به سینی حاوی نمونه‌ها در فاصله زمانی ۱ ثانیه و عکس-های گرفته شده توسط وبکم در هر ۵ ثانیه تعیین شد. پارامترهای وابسته به شکل نمونه شامل مساحت، محیط، قطر موازی و عمود بر جریان هوا و کشیدگی بودند (یدالله نیا و همکاران ۲۰۰۹).



شکل ۱- شماتیک قطرهای موازی و عمود بر جهت جریان هوای خشک‌کن

شکل ۱- شماتیک قطرهای موازی و عمود بر جهت جریان هوای خشک‌کن

مقدار قندها که بر اثر سردخانه‌گذاری افزایش یافته بودند، کاهش یافته و غده‌ها با شرایط محیطی سازگار شوند (میرزایی و همکاران ۱۳۸۲). سپس به کمک اسلایسر برش‌های یکنواخت به ضخامت ۲ میلی‌متر تهیه شد. با استفاده از قالبی آلومینیومی قطعاتی به شکل دایره با قطر ۵ سانتی‌متر آماده گردید. برش‌های سیب‌زمینی از نواحی مرکزی آن تهیه گردید، جایی که بافت سلولی آن یکنواخت است. پس از انجام برش دادن به مدت ۲ دقیقه در آب داغ (۲±۹۵ درجه سانتی‌گراد) آنزیم‌بری شده و نهایتاً آبکش شده تا آب سطحی آنها تبخیر شود. حد کفایت بلانچینگ، به کمک محلول گالایکول و هیدروژن پراکسید مورد بررسی قرار گرفت (AOAC ۲۰۰۵). چروکیدگی در حقیقت تغییرات شکل و کاهش ابعاد ماده غذایی در حین خشک شدن است که از همان مراحل اولیه فرآیند خشک شدن شروع می‌شود.

### آبیگری اسمزی

نمونه‌های آنزیم‌بری شده پس از حذف رطوبت سطحی به کمک کاغذ مخصوص به وسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۱ توزین شده و با رعایت نسبت وزنی نمونه سیب زمینی به محلول اسمزی (۱:۱۰) در محلول تهیه شده غوطه‌ور شدند. خشک کردن اسمزی در دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. به منظور فراهم کردن این دماها از انکوباتور شیکردار با دور ۲۰۰ rpm استفاده شد. مدت زمان خشک کردن نیز ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه بود.

### نسبت رطوبت

وزن مشخصی از نمونه‌ها (۵ گرم) توزین شده و در آون تحت خلا با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بمدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند (AOAC ۱۹۹۰).

با استفاده از مقادیر ثبت شده و براساس معادلات نسبت رطوبت (MR) به ترتیب محاسبه شدند (ارن و ارتکین ۲۰۰۷).

### مساحت و محیط

تعداد پیکسل‌های تشکیل دهنده عکس نمونه سیب زمینی در حال خشک شدن

### قطر موازی و عمود بر جریان هوای خشک‌کن

قطر موازی جریان هوای خشک‌کن: بلندترین قطر که موازی جهت جریان هوای خشک‌کن بود؛

قطر عمود بر جریان هوای خشک‌کن: بلندترین قطر که عمود بر جهت جریان هوای خشک‌کن بود.

### کشیدگی

میزان کشیدگی (E) نمونه نیز از طریق نسبت بلندترین قطر نمونه به کوتاه‌ترین قطر آن در طی خشک شدن با استفاده از معادله زیر تعیین شد (یدوالله‌نیا و همکاران ۲۰۰۹).

$$E = \frac{LD}{SD}$$

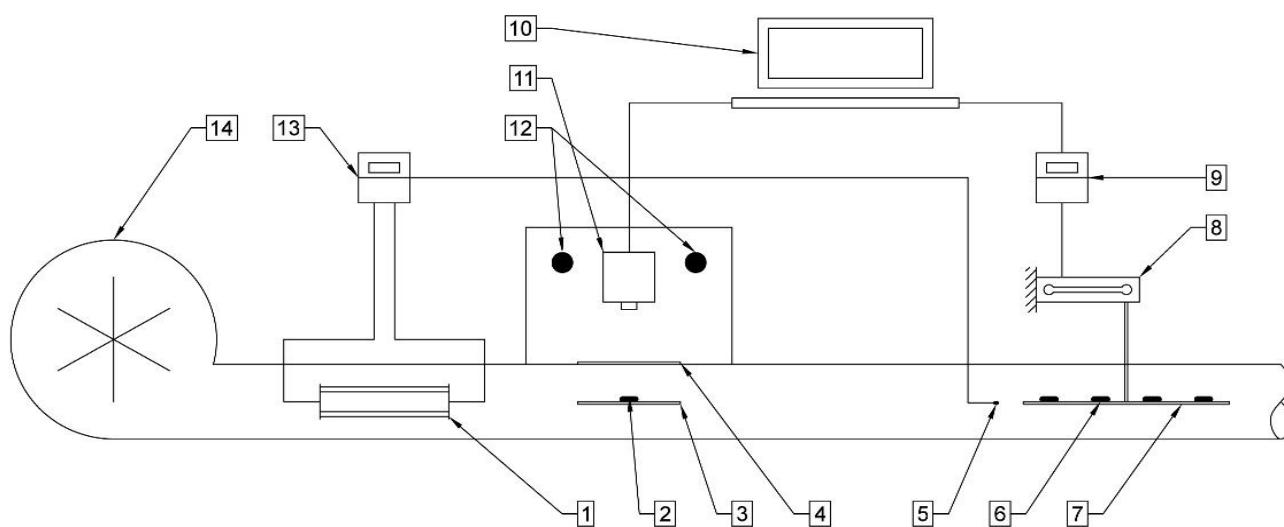
LD و SD به ترتیب قطر بلند و قطر کوتاه‌تر نمونه در

طول خشک شدن می‌باشد.

### دستگاه خشک‌کن

دستگاه خشک‌کن متشکل از پنکه، مجرای هدایت کننده هوا، چهار مقاومت الکتریکی (۴ × ۵۰۰W) جهت تامین دمای هوای مورد نیاز، ترموستات جهت کنترل دمای هوا، اطاق خشک کردن با سه سینی برای قرار دادن نمونه و لودسل متصل به سینی برای اندازه‌گیری وزن نمونه‌ها بصورت مداوم بود. سرعت جریان هوای داغ در خشک‌کن ۱ متر بر ثانیه توسط بادسنج تنظیم شد.

محفظه پردازش تصویر دارای ابعاد ۰/۵ × ۰/۵ × ۰/۵ متر، سه لامپ (۱۰ واتی به طول ۴۰ سانتی‌متر) و وبکم برای عکس‌گیری بود. برای عکس‌گیری از نرم‌افزار Webcam zone trigger استفاده شد.



شکل ۲- شماتیک خشک‌کن آزمایشگاهی مورد استفاده: ۱- المنت حرارتی، ۲- برش سیب‌زمینی، ۳- سینی، ۴- شیشه، ۵- سنسور حرارتی، ۶- برش‌های سیب‌زمینی، ۷- سینی، ۸- لودسل، ۹- دیتالایگر، ۱۰- کامپیوتر، ۱۱- وبکم، ۱۲- لامپ، ۱۳- ترموستات، ۱۴- فن سانتریفیوژ

### آنالیز آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار Spss و آزمون مقایسه میانگین دانکن بر پایه طرح کاملاً

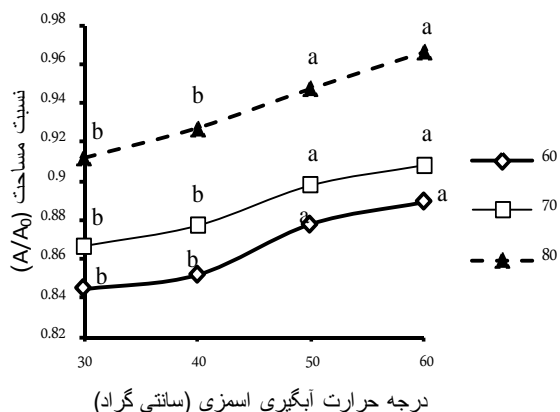
تصادفی استفاده شد. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم‌افزار Microsoft Excel 2003 استفاده شد.

## نتایج و بحث

تغییرات ظاهری سیب‌زمینی در طی خشک شدن در خشک‌کن هوای داغ توسط پردازش تصویر محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده حاکی از تأثیر معنی‌داری اثرات متقابل دما و غلظت محلول اسمزی بر درصد چروکیدگی پس از خشک کردن با هوای داغ است ( $P < 0.01$ ). خشک کردن اسمزی موجب اشباع شدن بافت از نمک می‌شود، که عامل مؤثر در کاهش میزان چروکیدگی محصول است.

### تغییرات مساحت و محیط نمونه‌ها

میزان کاهش مساحت و محیط نمونه‌ها با شدت فرآیند اسمز رابطه مستقیم داشت. با افزایش جذب مواد جامد طی فرآیند اسمز به دلیل افزایش مقاومت بافت در نتیجه نفوذ نمک، میزان مساحت و محیط نمونه‌ها کاهش کمتری یافت. در حقیقت مواد جامدی که به فضای میان بافتی نفوذ می‌کنند، با پر کردن فضاها و مجاری خالی از ایجاد چروکیدگی در این بخش‌ها تا حد زیادی جلوگیری می‌نمایند. از طرف دیگر با افزایش غلظت، درصد جذب مواد جامد توسط نمونه افزایش یافته که این خود باعث کاهش چروکیدگی محصول و در نتیجه کاهش تغییرات در مساحت و محیط نمونه‌ها می‌شود.

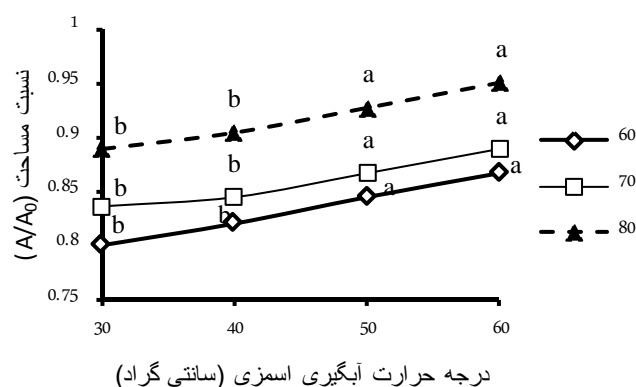


شکل ۴- نسبت مساحت ( $A/A_0$ ) برش‌های سیب‌زمینی در دماهای مختلف اسمز و هوای داغ برای غلظت محلول اسمزی ۱۰٪

استفاده از غلظت‌ها و دماهای بالاتر آبیاری اسمزی و هوای داغ خشک‌کن، باعث ایجاد یک لایه سخت کریستالی در سطح سیب‌زمینی می‌گردد. ایجاد این حالت طی خشک کردن باعث ایجاد پدیده سخت شدن سطحی شده و لذا از چروکیدگی جلوگیری می‌شود. این نتایج با گزارش سایر محققین مطابقت دارد. همان گونه که در نمودار مشاهده می‌شود، مقدار چروکیدگی در رطوبت‌های یکسان برای دماهای بالای هوای گرم خشک‌کن کمتر است. شاید بتوان این اتفاق را این گونه توجیه نمود که به دلیل این که در دماهای بالاتر، خشک شدن سریع‌تر اتفاق می‌افتد، آب سریع‌تر تبخیر شده و از بافت سیب‌زمینی خارج می‌گردد. به همین دلیل این خروج سریع باعث می‌شود تا چروکیدگی کمتری در برش‌های سیب‌زمینی ایجاد گردد و برش‌ها مدت زمان کمتری در خشک‌کن باقی بمانند.

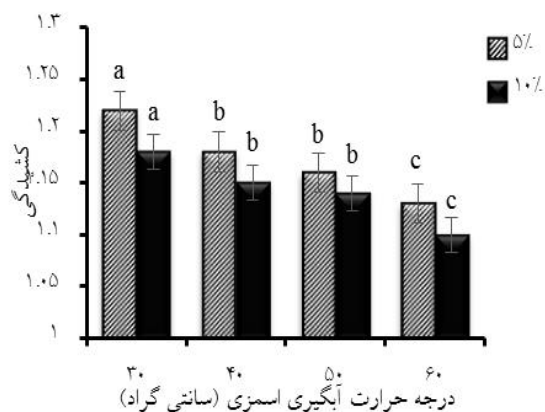
### کشیدگی

میزان کشیدگی نمونه‌هایی که پیش‌تیمار اسمزی شده‌اند، در مقایسه با نمونه‌های شاهد کمتر بود. با افزایش جذب مواد جامد طی فرآیند اسمز به دلیل افزایش مقاومت بافت در نتیجه نفوذ نمک، میزان کشیدگی نمونه‌ها کاهش کمتری یافت. میزان کشیدگی از شاخص‌های مدور بودن نمونه‌ها است. میزان این

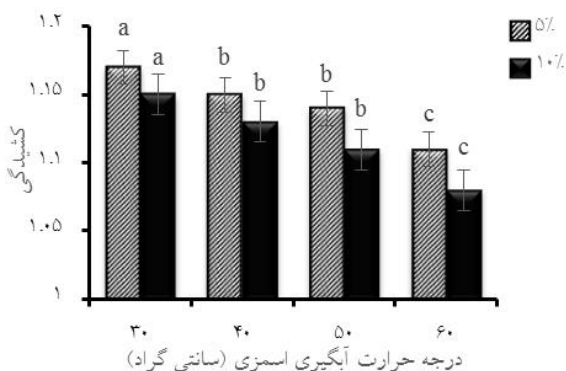


شکل ۳- نسبت مساحت ( $A/A_0$ ) برش‌های سیب‌زمینی در دماهای مختلف اسمز و هوای داغ برای غلظت محلول اسمزی ۵٪

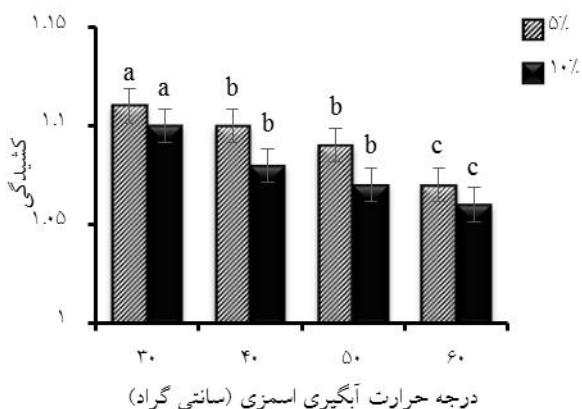
شدن تقریباً بطور یکنواخت اتفاق می‌افتد و نمونه شکل کروی و مدور خود را حفظ می‌کند.



شکل ۷- میزان کشیدگی نمونه‌های سیب‌زمینی پیش‌تیمار شده اسمزی خشک شده با هوای داغ ۶۰ درجه سانتی‌گراد

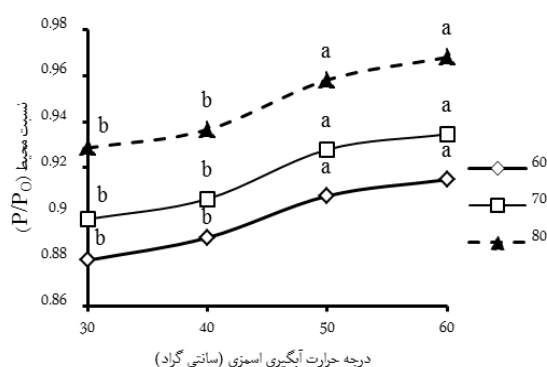


شکل ۸- میزان کشیدگی نمونه‌های سیب‌زمینی پیش‌تیمار شده اسمزی خشک شده با هوای داغ ۷۰ درجه سانتی‌گراد

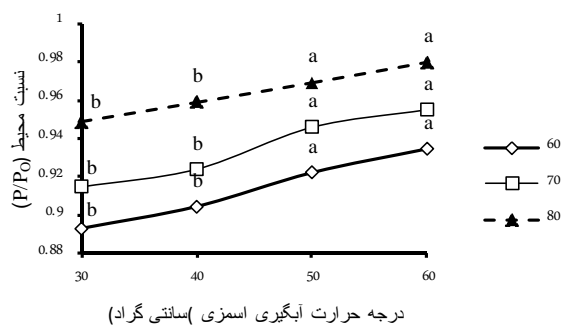


شکل ۹- میزان کشیدگی نمونه‌های سیب‌زمینی پیش‌تیمار شده اسمزی خشک شده با هوای داغ ۸۰ درجه سانتی‌گراد

پارامتر برای نمونه‌های کاملاً مدور یک است (راموس و همکاران ۲۰۰۴؛ فرناندز و همکاران ۲۰۰۵). در شروع خشک شدن میزان کشیدگی برای تمامی دماها برابر یک است که نشان می‌دهد قطرهای نمونه سیب‌زمینی با هم برابر و چروکیدگی اتفاق افتاده برای دو قطر یکنواخت است. با کاهش محتوای رطوبتی به زیر ۰/۳ (MR<۰,۳) این پارامتر افزایش پیدا می‌کند و نشان می‌دهد که نمونه دچار چروکیدگی و خمش می‌شود.



شکل ۵- نسبت محیط (P/P<sub>0</sub>) برش‌های سیب‌زمینی در دماهای مختلف اسمز و هوای داغ برای غلظت محلول اسمزی ۵٪

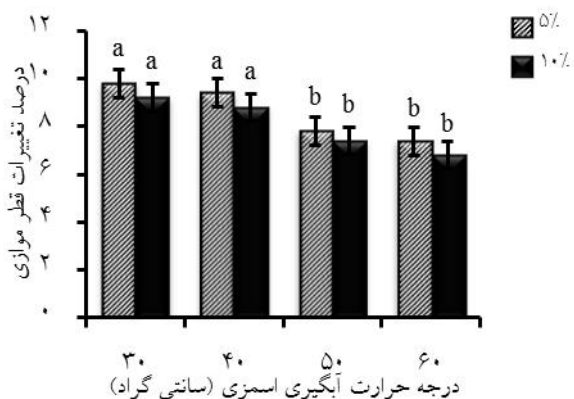


شکل ۶- نسبت محیط (P/P<sub>0</sub>) برش‌های سیب‌زمینی در دماهای مختلف اسمز و هوای داغ برای غلظت محلول اسمزی ۱۰٪

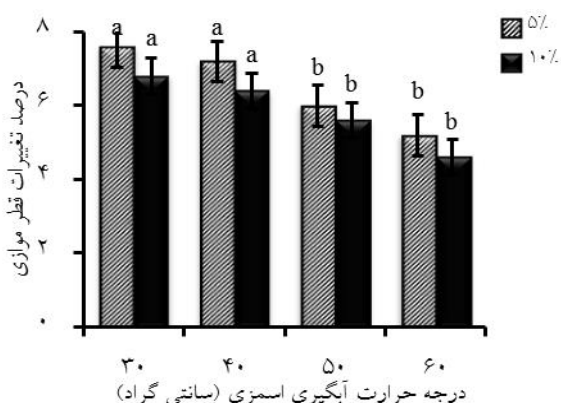
میزان کشیدگی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد برای نمونه‌های شاهد و پیش‌تیمار اسمز شده کمتر بود. این بدین معنی است که چروکیدگی در سراسر طول خشک

### قطر موازی جریان هوای خشک‌کن

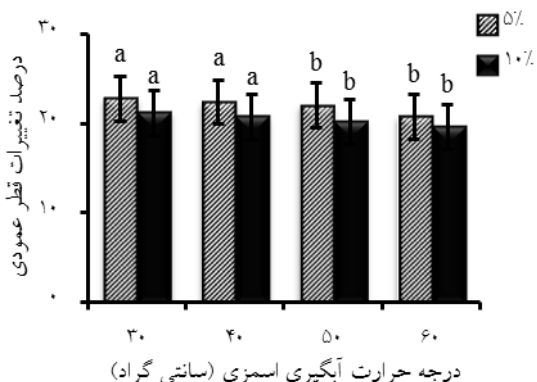
در طی خشک کردن فضاهای خالی زیادی در بافت مواد غذایی ناشی از خروج رطوبت وجود می‌آیند. این فضاهای خالی باعث ایجاد چروکیدگی در ماده غذایی می‌شوند. هرچه میزان دمای هوای خشک‌کن کمتر باشد، میزان تغییرات قطر موازی جریان هوا بیشتر بوده و در دماهای بالا سخت شدن سطحی عامل کاهش این تغییرات می‌باشد (یدالله نیا و همکاران ۲۰۰۹). هرچه میزان غلظت محلول و دمای آبیاری اسمزی اعمال شده به نمونه‌ها بیشتر بوده، این تغییرات کمتر بوده و روند کاهش داشته و در نتیجه چروکیدگی کمتر بوده است. علت این امر پر شدن فضاها و مجاری خالی سیب‌زمینی با نمک و کاهش زمان ماندن نمونه‌ها در خشک‌کن است. به عبارت دیگر با افزایش دما و غلظت محلول اسمزی میزان این تغییرات قطر عمود بر جریان هوا کمتر بوده است. در دما و غلظت‌های بالاتر مقدار بیشتری نمک در بافت سیب‌زمینی نفوذ می‌کند و با این شرایط نمونه‌ها چروکیدگی کمتری پیدا می‌کنند.



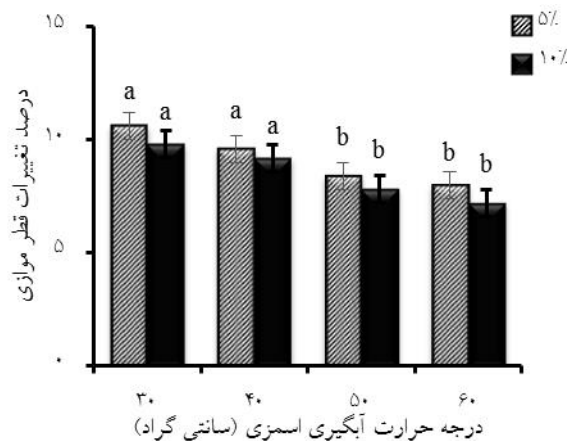
شکل ۱۱- اثر دما و غلظت محلول اسمزی بر درصد تغییرات قطر موازی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد



شکل ۱۲- اثر دما و غلظت محلول اسمزی بر درصد تغییرات قطر موازی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد



شکل ۱۳- اثر دما و غلظت محلول اسمزی بر درصد تغییرات قطر عمودی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد

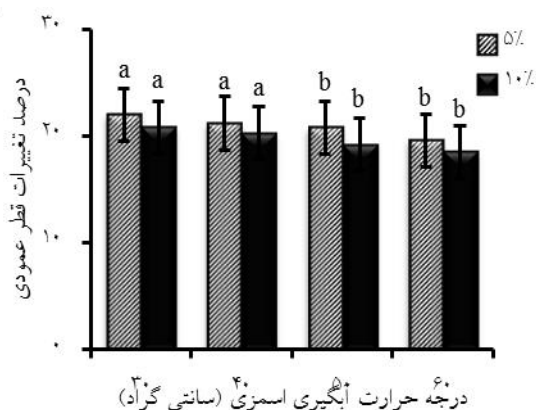


شکل ۱۰- اثر دما و غلظت محلول اسمزی بر درصد تغییرات قطر موازی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد

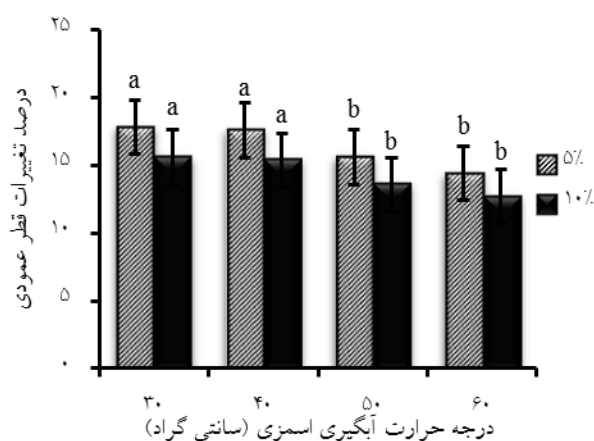
جریان هوا هنگامی که رطوبت نسبی زیر ۰/۱ است بیشتر است، زیرا نمونه در این رطوبت شروع به خمش می‌کند و میزان این خمش برای دمای ۸۰ درجه سانتی-گراد به دلیل سخت شدن سطحی کمتر است. در طی آبیگری اسمزی به دلیل جذب مواد جامد بافت ماده غذایی در برابر تغییرات چروکیدگی مقاومت می‌کند. در نتیجه از افزایش تغییرات قطرهای موازی و عمود بر جریان هوای خشک‌کن نمونه‌ها جلوگیری می‌شود.

### نتیجه‌گیری کلی

کاربرد پردازش تصویر بسیار گسترده است که در این پژوهش تنها یکی از این کاربردها که در ارزیابی چروکیدگی سیب‌زمینی در طی خشک شدن موثر است، پیاده سازی شد. افزایش میزان جذب مواد جامد سبب کاهش چروکیدگی نمونه‌ها گردید. هر چه درجه حرارت هوای داغ خشک‌کن بیشتر بود میزان چروکیدگی به دلیل کاهش زمان خشک کردن، کمتر بود. در کل پیش-تیمار آبیگری اسمزی توانست تغییرات خصوصیات وابسته به شکل نمونه‌های سیب‌زمینی در حین خشک شدن با روش جابجایی هوای گرم را کاهش دهد. همچنین استفاده از پردازش تصویر به همراه تصویرگیری بر خط در خشک کردن سیب‌زمینی می‌تواند به عنوان ابزار دقیق و غیرمخرب برای کنترل تغییرات وابسته به شکل نمونه‌ها بکار گرفته شود.



شکل ۱۴- اثر دما و غلظت محلول اسمزی بر درصد تغییرات قطر عمودی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد

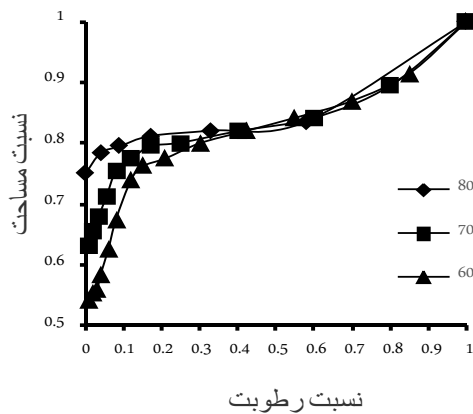


شکل ۱۵- اثر دما و غلظت محلول اسمزی بر درصد تغییرات قطر عمودی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد

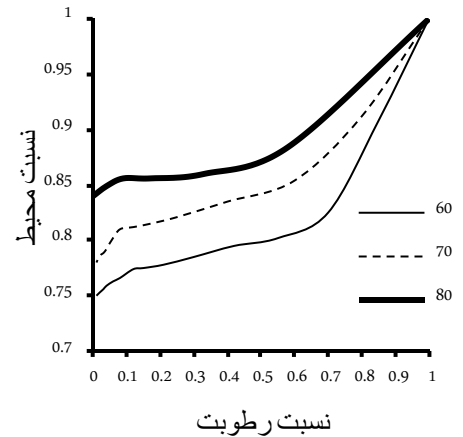
### قطر عمودی

میزان چروکیدگی با توجه به قطر نمونه ماده غذایی قرار گرفته در خشک‌کن متفاوت است. به طوری که این پارامتر برای قطر عمود بر جریان هوا بیشتر از قطر موازی با جریان هواست. میزان تغییرات قطر عمود به

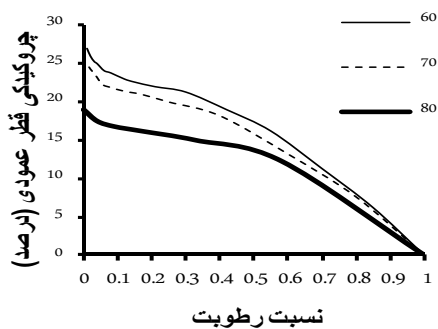




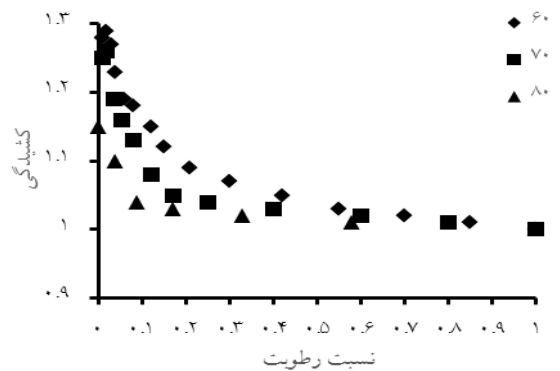
شکل ۱۷- نمودار تغییرات نسبت مساحت نمونه‌های شاهد



شکل ۱۶- نمودار تغییرات نسبت محیط نمونه‌های شاهد



شکل ۱۹- تغییرات قطر عمود بر جریان هوای نمونه شاهد



شکل ۱۸- کشیدگی نمونه شاهد

جدول ۱- تجزیه واریانس برای ویژگی‌های ظاهری سیب‌زمینی با پیش‌تیمار اسمزی

میانگین مربعات			درجه آزادی	منبع		
تغییرات قطر عمودی	تغییرات قطر موازی	کشیدگی				
۱/۳۵**	۱/۷۶**	۰/۱۰۵**	۱۷/۷۵**	۲۵/۳۵**	۳	دما
۱/۳NS	۱/۷*	۰/۱۰۳**	۱۵/۱۵**	۲۰/۱۳**	۲	زمان
۱/۲۱*	۱/۶۵**	۰/۱۰**	۱۲/۰۲**	۱۶/۱۰**	۱	غلظت محلول
۰/۹۵NS	۰/۱NS	۰/۰۰۳*	۳/۱۲**	۴/۲۵**	۲۳	خطا

\*\*معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪، \*معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و NS غیر معنی‌داری

**منابع مورد استفاده**

- میرزایی ح، بلداجی ف، دخانی ش، ۱۳۸۲، بررسی میزان تغییرات بافت خلال نیمه سرخ شده سه واریته سیب زمینی (فولوا، دراگا و کوزیما) با سه نوع روغن در طول تهیه و زمان ماندگاری، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۳، ۷۷-۸۴.
- A O A C, 1990. Official Methods of Analysis No. 934-06, Association of Official Chemists, Washington, DC.
- A O A C, 2005. Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists. 17 ed., Washington. D.C. (chapter 44, p 9 and chapter 16, p32).
- Batista ML, Rosa C A D and Pinto L A A, 2007. Diffusive model with variable effective diffusivity considering shrinkage in thin layer drying of chitosan. *Journal of Food Engineering* 81:127-132.
- Dissa A O , Desmorieux H, Bathiebo J and Koulidiati J, 2008. Convective drying characteristics of Amelie mango (*Mangifera Indica L. cv. 'Amelie'*) with correction for shrinkage. *Journal of Food Engineering* 88: 429-437.
- Eren I, and Kaymak-Ertekin F, 2007. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering* 79: 344-352.
- Fernandez L, Castellero C, and Aguilera J M, 2005. An application of image analysis to dehydration of apple discs. *Journal of Food Engineering* 67: 185-193.
- Guine R P F, Ramos M A, Figueiredo M, 2006. Shrinkage Characteristics and Porosity of Pears during Drying. *Journal of Drying Technol* 24: 1525-1530.
- Hassini L, Azzouz S, Peczalski R, and Belghith A, 2007. Estimation of potato moisture diffusivity from convective drying kinetics with correction for shrinkage. *Journal of Food Engineering* 79: 47-56.
- Hatamipour M S, and Mowla D, 2002. Shrinkage of carrots during drying in an inert medium fluidized bed. *Journal of Food Engineering* 55: 247-252.
- Kingsly A R P, Meena H R, Jain R K, and Singh D B, 2007. Shrinkage of ber (*Zizyphus mauritian L.*) fruits during sun drying. *Journal of Food Engineering* 79: 6-10.
- Mayor L, and Sereno A M, 2004. Modeling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *Journal of Food Engineering* 61: 373-386.
- Mclaughlin C P, and Magee T R A, 1998. The effect of shrinkage during drying of potato spheres and the effect of drying temperature on vitamin C retention. *Trans IChemE. Vol 76, Part C.*
- Ramos I N, Silva C L M, Sereno A M, and Aguilera B J M, 2004. Quantification of microstructural changes during first stage air drying of grape tissue. *Journal of Food Engineering* 62: 159-164.
- Ratti C, 1993. Shrinkage during Drying of Food stuffs. *Journal of Food Engineering* 23: 91-105.
- Sjoholm I, and Gekas V, 1995. Apple Shrinkage upon Drying. *Journal of Food Engineering* 25: 123-130.
- Yadollahinia A, Jahangiri M, 2009. Shrinkage of potato slices during drying. *Journal of Food Engineering* 94: 52-58.

## Influence of osmotic dehydration on shrinkage air-dried potato with image processing

M Yazdanpanah Gangachin<sup>1\*</sup>, A M Ziaifar<sup>2</sup>, M Kashaninejad<sup>2</sup> and A Asghari<sup>3</sup>

Received: October 16, 2013

Accepted: July 16, 2014

<sup>1</sup>MSc Student, Department of Material Engineering and Food Industry Design, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor and Associate Professor, respectively, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

\*Corresponding author: E mail: yazdanpanah91@gmail.com

### Abstract

Drying of foods is one of the most important preserving methods due to reduction of microorganism's activities which lead to longer shelf life. Shrinkage during drying plays an important role in determining the quality of the dried product. In this paper, a method based on computer vision was used to analyze the effect of Osmotic dehydration on shrinkage of potato slices dried with hot air. The effect of osmotic dehydration in different concentrations (5 and 10% w/w) of salt solutions, temperatures (30, 40, 50 and 60 °C) and different time (30, 60 and 90 min) on parameters related to shape of samples was studied. Potato slices were dried at temperatures of 60, 70, 80 °C and air velocities of 1.0 m/s. Changes in area, perimeter, major and minor diameters and elongation of the slice were measured continuously during drying. Results showed Shrinkage and elongation of samples increase with decreasing of temperature, time and concentration of osmotic solution. Also, Elongation increased with decreasing of moisture content ratio.

**Keywords:** Drying, Osmotic dehydration, Shrinkage, Image processing