

## تأثیر سرعت همزدن و دمای آب بر ویژگی‌های کدوی خشک‌شده طی فرایند بازجذب آب

سیما چراغی دهدزی<sup>۱\*</sup> و ناصر همدمی<sup>۲</sup>

۱. عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه علوم و صنایع غذایی، شوشتر، ایران

۲. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۹/۱)

### چکیده

در این تحقیق، اسلایس‌های کدو (ضخامت ۰/۴ سانتی‌متر و قطر ۴ سانتی‌متر) در محفظه بخار به مدت ۴ دقیقه آنزیم‌بری شدند. اسلایس‌های کدو پس از سرد شدن، در خشک‌کن جریان هوای گرم با دمای  $60^{\circ}\text{C}$  تا رسیدن به رطوبت ۰/۱۰۶۵ کیلوگرم آب در یک کیلوگرم ماده خشک، خشک شدند. بازجذب آب برش‌های کدوی خشک‌شده با وزن معین، در آب مقطر با دماهای گوناگون (۲۵، ۵۰، و  $75^{\circ}\text{C}$ ) با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۲۵، در حالی که با سرعت‌های گوناگون (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ دور در دقیقه) همزده می‌شد، انجام گرفت. در دوره‌های زمانی مشخص تا ۳۰۰ دقیقه، نمونه‌های کدو از آب خارج شد و وزن نمونه‌ها، میزان ماده خشک، و درصد جذب آب آنها تعیین گردید. رنگ اسلایس‌های کدو نیز در طول یک دوره ۱۸۰ دقیقه‌ای ارزیابی شد. بر اساس نتایج به دست آمده، زمان بازجذب، دما، و سرعت همزدن در سطح احتمال ۱ درصد، اثر معنی‌داری بر ماده خشک، درصد جذب آب، و شاخص‌های رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$ ، و  $\Delta E$ ) در کدوی خشک‌شده داشته‌اند. در طول فرایند، درصد جذب آب و شاخص رنگ  $\Delta E$  در برش‌های کدو افزایش یافته و میزان ماده خشک و شاخص‌های رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$ ، و  $b^*$ ) کاهش داشته است. کدوهایی که بازجذب آنها در آب با دمای  $75^{\circ}\text{C}$  و با به‌کارگیری همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته است، دارای درصد جذب آب و شاخص  $\Delta E$  حداکثر و کمترین میزان ماده خشک و شاخص‌های رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$ ، و  $b^*$ ) بوده‌اند.

**کلیدواژگان:** بازجذب آب، درصد جذب آب، شاخص‌های رنگ، کدو، همزدن.

### مقدمه

جنس کدوبیان (*Cucurbita*) دارای ۱۰ گونه گیاهی است که از این تعداد فقط ۵ گونه اهمیت زراعی دارند. گونه‌های پیو (*pepo*)، موسچاتا (*moschata*)، و ماکسیما (*maxima*) معروفیت بیشتری دارند. کدو مسمایی دارای میوه‌هایی به رنگ سبز تیره یا سبز روشن است که در اغلب ارقام همراه با لکه‌های سفید مشاهده می‌شود. گیاه به‌طور متوسط ۵ تا ۶ میوه تولید می‌کند که وزن هر میوه حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم است (Peivast, 1998).

خشک کردن یکی از پرکاربردترین روش‌های قابل استفاده برای نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها است. در طول دوره خشک کردن، برای رسیدن به فعالیت آبی نهایی که پایداری میکروبی محصول را تضمین می‌کند و تغییرات فیزیکی و شیمیایی را به حداقل می‌رساند، درصد آب ماده غذایی کاهش می‌یابد (Sayad, 2005). خشک کردن و سپس بازجذب آب

موجب تغییرات زیادی در ساختار و ترکیبات بافت می‌شود که نتیجه آن صدمه به خواص ساختاری است. بازجذب آب می‌تواند به‌عنوان معیار اندازه‌گیری میزان صدمات حاصل از خشک کردن به ماده غذایی در نظر گرفته شود (Fellows, 1990). بازجذب آب فرایند پیچیده‌ای است که خصوصیات ایجادشده را بازسازی می‌کند. سه فرایند مهم در طول بازجذب رخ می‌دهد: دریافت آب به‌وسیله مواد خشک، تورم، و خروج مواد محلول (Moreira *et al.*, 2008).

بازجذب آب تحت تأثیر چندین عامل قرار دارد که به دو گروه عوامل داخلی و خارجی تقسیم‌بندی می‌شوند: عوامل داخلی مانند ترکیب شیمیایی محصول، پیش تیمارهای خشک کردن، فرمولاسیون محصول، شرایط و روش‌های خشک کردن، فرایندهای بعد از خشک کردن، و عوامل خارجی شامل ترکیب محیط شناورسازی، دما، و شرایط هیدرودینامیک (فشار) است. بعضی از این فاکتورها موجب تغییر در ساختار و ترکیب بافت‌های گیاهی می‌شوند، مانند کاهش استحکام دیواره سلولی یا خروج مواد محلول که موجب آسیب به خواص

\* نویسنده مسئول: simach.de@gmail.com

بازجذب مفیدند (Garcia-Segovia *et al.*, 2011). از بین این مدل‌ها، مدل‌های تجربی مانند پلگ (peleg) کاربرد بیشتری دارند (Moreira *et al.*, 2008). مدل دیگری که به‌طور گسترده در مهندسی غذایی به‌کار می‌رود ویبل (weibull) است که در تخمین پارامترهای سینتیک، انعطاف‌پذیری بالایی دارد (Garcia-Segovia *et al.*, 2011). مدل‌سازی برش‌های پرتقال خشک‌شده پس از بازجذب در آب مقطر با دمای ۲۵°C با نسبت نمونه به آب ۱ به ۲۵ انجام شد و رفتار بازجذب برش‌های پرتقال با معادله‌های پلگ و ویبل بررسی گردید (Ruiz Diaz *et al.*, 2003). رسیدن به شرایط بهینه فرایند بازجذب آب کدو از اهداف این تحقیق است که از طریق بررسی عوامل گوناگون مانند زمان بازجذب، دمای آب، سرعت همزن بر میزان ماده خشک، درصد جذب آب، و شاخص‌های رنگ، به‌عنوان معیارهای کیفی کدو، در طول دوره این فرایند محقق می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### آماده سازی نمونه

کدوها از بازار محلی خریداری و در دمای ۴°C نگهداری شدند. سپس درجه‌بندی آنها از نظر رنگ، قطر، و وزن صورت گرفت. پس از شستشو و جداکردن قسمت‌های سر و ته، وارد دستگاه برش شدند و به‌صورت اسلایس‌هایی با ضخامت ۰/۴ سانتی‌متر برش داده شدند. سپس با به‌کارگیری قالبی استوانه‌ای به‌صورت اسلایس‌هایی به قطر ۴ سانتی‌متر در آمدند. در مرحله بعد با قراردادن برش‌های کدو در محفظه بخار به‌مدت ۴ دقیقه آنزیم‌بری صورت گرفت.

### فرایند خشک‌کردن اسلایس‌های کدو

اسلایس‌های کدو پس از سردشدن وارد خشک‌کن جریان هوای گرم (ساخت ایران) با سرعت ۱ متر بر ثانیه شدند و در دمای ۶۰°C (Cunningham *et al.*, 2008; Vega-Galves *et al.*, 2009) تا رسیدن به رطوبت ۰/۱۰۶۵ کیلوگرم آب در یک کیلوگرم ماده خشک، خشک شدند. خشک‌کردن با یک خشک‌کن جریان هوای گرم آزمایشگاهی مجهز به کنترل‌کننده‌های دما (دماسنج‌های حباب خشک و مرطوب) و سرعت هوا (Anemometer-Lutron) انجام گرفت. نمونه‌های خشک در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در یخچال نگهداری شدند. پس از پایان عملیات خشک‌کردن، همه نمونه‌های خشک‌شده و نگهداری‌شده در یخچال، با هم مخلوط و در یک بسته به‌مدت ۲۴ ساعت برای رسیدن به رطوبت یکسان در دمای یخچال نگهداری شدند.

بازسازی می‌شود (Garcia-Segovia *et al.*, 2011). در بازجذب، نسبت مواد جامد خشک به جرم آب از ۱ به ۵ تا ۱ به ۵۰، دمای آب بازجذب از دمای اتاق تا دمای جوش و زمان از ۲ دقیقه تا ۲۴ ساعت متغیر است. به‌کارگیری همزن در آب نیز امکان‌پذیر است (Lewicki, 1998). خواص بازجذب به‌عنوان پارامترهایی برای تعیین کیفیت به‌کار برده می‌شوند، زیرا آنها نشانگر میزان تغییرات ایجادشده در طول فراوری (پیش‌تیمار، خشک‌کردن، و بازجذب) هستند (Moreira *et al.*, 2008). معمول‌ترین شاخص که برای بازجذب بافت‌های گیاهی خشک استفاده می‌شود، نسبت وزن بعد از بازجذب به وزن ابتدایی است که ظرفیت بازجذب، نسبت بازجذب، درصد جذب آب، و یا ضریب آبدهی گفته می‌شود. نسبت وزن بعد از بازجذب به مقدار جرم ماده خشک نیز فاکتور مهمی است. نسبت وزن بعد از بازجذب به وزن قبل از خشک‌کردن نیز درصد بازجذب است (Lewicki, 1998). بافت ویژگی مهم دیگری برای به‌دست‌آوردن شرایط بهینه فرایندهای غذایی است. خواص بافتی به دما و زمان فرایندهای خشک‌کردن و بازجذب آب بستگی دارد. علاوه بر بافت و شاخص‌های جذب آب، خواص رنگی نیز به‌عنوان شاخص شرایط بازجذب آب است. تعیین شرایط بازجذب آب به‌منظور به‌حداقل‌رساندن تغییرات رنگی در طول این فرایند، از نقطه‌نظر اقتصادی نیز اهمیت دارد (Moreira *et al.*, 2008).

سینتیک بازجذب آب، به دما، نسبت جامد به مایع، ابعاد نمونه، آنزیم‌بری، و روش خشک‌کردن بستگی دارد (Cunningham *et al.*, 2008). سینتیک بازجذب آب در دماهای گوناگون در محصولات خشک مانند سیب‌زمینی (Cunningham *et al.*, 2009; Markowski *et al.*, 2009; Goula & Adamopoulos, 2009)، نمونه‌های هویج (Singh *et al.*, 2007)، ساقه کلم بروکلی (Sanjuan *et al.*, 1999)، جعفری (Gornicki, 2010)، انبه (Maldonado *et al.*, 2010)، پیاز (Debnath *et al.*, 2004)، و آلوورا (Vega-Galves *et al.*, 2009) بررسی شده است.

رفتار بازجذب مواد غذایی با افزایش حجم و مقدار رطوبت در طول زمان مشخص می‌شود. در مرحله اول فرایند، سرعت بازجذب بیشتر است و در مراحل بعد کاهش می‌یابد. دمای آب بر سرعت بازجذب و مقدار رطوبت متعادل مؤثر است و با افزایش دمای آب، این سرعت افزایش می‌یابد. روش خشک‌کردن و پیش‌تیمار می‌تواند بر بازجذب مؤثر باشد (Markowski *et al.*, 2009). با به‌کارگیری مدل‌های گوناگون می‌توان سینتیک بازجذب را بررسی کرد. این مدل‌ها برای بهینه‌سازی فرایند

## فرآیند باز جذب آب اسلایس‌های خشک‌شده کدو

تعداد مشخصی از برش‌های کدوی خشک‌شده با وزن معین، در بشرهای حاوی آب مقطر با دماهای ۲۵، ۵۰، و ۷۵°C (Cunningham *et al.*, 2008; Moreira *et al.*, 2008) با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۲۵ قرار داده شدند (Markowski *et al.*, 2009). همزدن آب با سرعت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفت و در بعضی تیمارها، فرایند باز جذب آب بدون همزدن انجام شد (Krokida & Marinos-Kouris, 2003; Cunningham *et al.*, 2008; Maldonado *et al.*, 2010). برای حفظ دما، بشرهای حاوی آب در بن‌ماری قرار داده شدند و در مواردی که نیاز به همزدن بود از بن‌ماری شیکردار استفاده شد. برداشت نمونه در زمان‌های ۱، ۳، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، و ۳۰۰ دقیقه، و حذف آب سطحی از آنها، وزن نمونه‌ها، میزان ماده خشک و درصد جذب آب آنها بررسی شد. رنگ اسلایس‌ها نیز براساس نتایج حاصل از آزمایشات اولیه در زمان‌های ۱، ۳، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۱۲۰، و ۱۸۰ دقیقه ارزیابی شد. زمان صفر مربوط به نمونه کدوی خشک‌شده است.

## ارزیابی ویژگی‌های کیفی اسلایس‌های کدو

## اندازه‌گیری ماده خشک و درصد جذب آب

ماده خشک اسلایس‌های کدو در آون خلأ با دمای ۷۰°C تعیین شد (AOAC). برای محاسبه درصد جذب آب از توزین برش‌های خشک کدو و برش‌هایی که پس از زمان مشخص از آب خارج شدند و باز جذب آب در آنها صورت گرفته، استفاده شده است (Lewicki, 1998):

$$\text{رابطه ۱)} \quad \% \text{ water absorption} = (M_f - M_d / M_d) 100$$

در این معادله M جرم نمونه، و اندیس‌های d و r به ترتیب مربوط به نمونه پس از خشک‌کردن و بعد از باز جذب آب، است.

## اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ اسلایس‌ها

برای ارزیابی رنگ اسلایس‌های تازه و خشک‌شده کدو و اسلایس‌ها در طول دوره باز جذب آب در زمان‌های معین از دستگاه رنگ‌سنجی (Lutron مدل RGB-1002) در سیستم RGB استفاده گردید و پارامترهای ثبت‌شده دستگاه (پارامترهای R، G، B) با نرم‌افزار easyRGB به سیستم هانتربل تبدیل شد. پارامترهای تعیین‌شده در این مطالعه شامل اندیس‌های رنگ‌سنجی  $L^*$ ،  $a^*$ ، و  $b^*$  بود.  $\Delta E$  نشان‌دهنده تغییر رنگ کلی اسلایس است که با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود (Moreira *et al.*, 2008):

## (رابطه ۲)

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

در این معادله اندیس 0 مربوط به نمونه خشک است.

## طرح آماری استفاده‌شده و روش آنالیز نتایج

به منظور بررسی اثر زمان، دمای آب، و سرعت همزدن در فرایند باز جذب آب بر خصوصیات کیفی اسلایس‌های کدو شامل میزان ماده خشک، درصد جذب آب و رنگ، همه آزمایشات در سه تکرار و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمون مقایسه میانگین LSD و LS means با نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل گردید. رسم نمودارها در این تحقیق با نرم‌افزار اکسل (Excel 2010) انجام گرفت.

## نتایج و بحث

## میزان ماده خشک و درصد جذب آب

براساس نتایج تجزیه واریانس، زمان باز جذب، دما، و سرعت همزدن در سطح احتمال ۱ درصد، اثر معنی‌داری بر میزان ماده خشک و درصد جذب آب کدوی خشک‌شده داشته‌اند. تأثیرات متقابل زمان-دما، زمان-سرعت همزدن، و دما-سرعت همزدن نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر هر دو ویژگی معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین‌های ماده خشک و درصد جذب آب در کدوی خشک‌شده در طول دوره فرایند و در سه دمای باز جذب، نشان‌دهنده کاهش میزان ماده خشک و افزایش درصد جذب آب در کدوی طی دوره باز جذب آب است (جدول ۱). با افزایش جذب آب از محیط آبی و خروج مواد محلول از ماده، درصد ماده خشک در کدو کاهش یافته است. این نتیجه در اسلایس‌های موز خشک‌شده (Taiwo & Adeyemi, 2009) و سیب خشک‌شده (Taiwo *et al.*, 2002) نیز گزارش شده است. دلیل عدم وجود تفاوت معنی‌دار در مراحل نهایی باز جذب، رسیدن کدو به رطوبت تعادلی است. براساس این جدول، کدوهایی که باز جذب آنها در آب با دمای ۷۵°C صورت گرفته است، به دلیل باز جذب آب بیشتر، درصد جذب آب بیشتر و ماده خشک کمتری دارند (جدول ۱). این نتیجه در مورد گروهی از میوه‌ها و سبزی‌های خشک‌شده (Krokida & Marinos-Kouris, 2003) و در قارچ خشک‌شده (Garcia-Pascual *et al.*, 2006) نیز گزارش شده است. افزایش دما به دلیل تضعیف دیواره سلولی موجب افزایش ضریب انتشار و خروج مواد محلول از ماده می‌گردد و در نتیجه ماده خشک در طول دوره فرایند باز جذب کاهش می‌یابد (Moreira *et al.*, 2008; Cunningham *et al.*, 2008).

ماده خشک و بیشترین درصد جذب آب در کدوی خشک شده زمانی مشاهده می شود که بازجذب آن در آب با دمای ۷۵°C و به مدت ۳۰۰ دقیقه صورت بگیرد.

با افزایش دمای آب بازجذب، جذب آب بیشتر می شود و میزان انتقال جرم نیز افزایش می یابد (Vega-Galves et al., 2009). مطابق جدول ۱ کمترین میزان

جدول ۱. اثر متقابل دما و زمان بازجذب بر میانگین میزان ماده خشک و درصد جذب آب با سه سرعت گوناگون همزن

زمان (دقیقه)	درصد ماده خشک			درصد جذب آب		
	۷۵°C	۵۰°C	۲۵°C	۷۵°C	۵۰°C	۲۵°C
۰	۹۰/۳۷۱ <sup>Aa</sup>	۹۰/۳۷۱ <sup>Aa</sup>	۹۰/۳۷۱ <sup>Aa</sup>	۰/۰۰۰ <sup>Ja</sup>	۰/۰۰۰ <sup>Ja</sup>	۰/۰۰۰ <sup>Ja</sup>
۱	۳۰/۲۵۱ <sup>Bc</sup>	۳۷/۵۸۹ <sup>Bb</sup>	۴۵/۴۲۷ <sup>Ba</sup>	۱۴۹/۰۱۷ <sup>Ia</sup>	۱۲۰/۸۳۵ <sup>Ib</sup>	۷۹/۲۹۴ <sup>Ic</sup>
۳	۲۳/۷۴۶ <sup>Cc</sup>	۲۸/۷۷۱ <sup>Cb</sup>	۳۳/۸۷۲ <sup>Ca</sup>	۲۰۲/۵۷۸ <sup>Ha</sup>	۱۶۸/۶۸۳ <sup>Hb</sup>	۱۲۳/۶۵۲ <sup>Hc</sup>
۵	۲۰/۲۶۷ <sup>Dc</sup>	۲۴/۸۲۶ <sup>Db</sup>	۲۹/۴۳۷ <sup>Da</sup>	۲۴۸/۸۷۶ <sup>Ga</sup>	۲۱۳/۱۵۳ <sup>Gb</sup>	۱۵۶/۷۵۷ <sup>Gc</sup>
۱۰	۱۳/۸۸۹ <sup>Ec</sup>	۱۶/۸۸۴ <sup>Eb</sup>	۲۱/۱۱۷ <sup>Ea</sup>	۳۱۵/۰۱۶ <sup>Fa</sup>	۲۶۳/۰۲۰ <sup>Fb</sup>	۲۰۸/۵۰۱ <sup>Fc</sup>
۲۰	۱۱/۷۰۵ <sup>Fc</sup>	۱۴/۲۴۹ <sup>Fb</sup>	۱۷/۴۷۳ <sup>Fa</sup>	۳۸۰/۲۴۲ <sup>Ea</sup>	۳۱۹/۵۴۷ <sup>Eb</sup>	۲۶۷/۶۳۰ <sup>Ec</sup>
۴۰	۹/۷۳۰ <sup>Gc</sup>	۱۱/۷۷۲ <sup>Gb</sup>	۱۴/۳۳۸ <sup>Ga</sup>	۴۳۲/۷۷۱ <sup>Da</sup>	۳۸۲/۰۵۰ <sup>Db</sup>	۳۳۲/۰۲۳ <sup>Dc</sup>
۶۰	۸/۶۸۱ <sup>GHc</sup>	۱۰/۵۷۸ <sup>Gb</sup>	۱۲/۹۴۱ <sup>Ga</sup>	۴۷۳/۸۴۸ <sup>Ca</sup>	۴۲۲/۱۴۳ <sup>Cb</sup>	۳۷۴/۱۵۸ <sup>Cc</sup>
۱۲۰	۷/۳۲۰ <sup>Hb</sup>	۸/۶۶۴ <sup>Hb</sup>	۱۰/۵۱۲ <sup>Ha</sup>	۵۳۳/۷۷۶ <sup>Ba</sup>	۴۷۶/۹۷۴ <sup>Bb</sup>	۴۲۲/۷۶۱ <sup>Bc</sup>
۱۸۰	۶/۸۰۴ <sup>Ia</sup>	۷/۹۴۰ <sup>Ha</sup>	۹/۲۷۱ <sup>Ha</sup>	۵۶۳/۲۳۸ <sup>Aa</sup>	۵۰۰/۹۲۲ <sup>Ab</sup>	۴۴۷/۱۶۶ <sup>Ac</sup>
۳۰۰	۶/۴۷۵ <sup>Ia</sup>	۷/۶۹۷ <sup>Ha</sup>	۹/۰۴۷ <sup>Ha</sup>	۵۷۴/۴۰۰ <sup>Aa</sup>	۵۱۴/۱۳۶ <sup>Ab</sup>	۴۵۸/۸۰۱ <sup>Ac</sup>

حروف غیر مشترک در هر ستون (حروف بزرگ) و ردیف (حروف کوچک) نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

همزدن اثر ناچیزی بر توانایی بازجذب آب داشته است. این محققان سیب زمینی و هویج خشک را بررسی کرده اند و بیشترین مقاومت به انتقال آب را مربوط به خود ماده غذایی معرفی کرده اند (Cunningham et al., 2008; Marabi et al., 2004).

کدوهایی که بازجذب آب در آنها با به کارگیری همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته است، ماده خشک کمتر و درصد جذب رطوبت بیشتری دارند (جدول ۲). همزدن آب موجب کاهش مقاومت خارجی به انتقال جرم و در نتیجه افزایش جذب آب می شود (Maldonado et al., 2010). این نتیجه برخلاف نظر بعضی محققان است که گزارش کرده اند

جدول ۲. اثر متقابل دما و سرعت همزن بر میانگین میزان ماده خشک و درصد جذب آب در کل زمان بازجذب

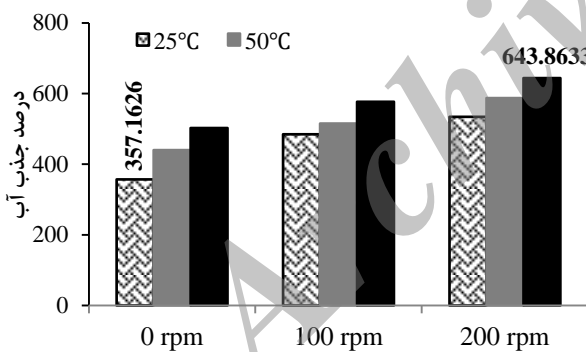
سرعت (دور در دقیقه)	درصد ماده خشک			درصد جذب آب		
	۷۵°C	۵۰°C	۲۵°C	۷۵°C	۵۰°C	۲۵°C
۰	۲۲/۳۱۳ <sup>Ac</sup>	۲۶/۲۱۷ <sup>Ab</sup>	۳۱/۱۵۶ <sup>Aa</sup>	۳۱۶/۷۷۷ <sup>Ca</sup>	۲۶۴/۵۷۸ <sup>Cb</sup>	۲۰۷/۰۵۳ <sup>Cc</sup>
۱۰۰	۲۰/۳۶۵ <sup>Bc</sup>	۲۲/۶۷۷ <sup>Bb</sup>	۲۵/۱۰۳ <sup>Ba</sup>	۳۵۰/۲۰۲ <sup>Ba</sup>	۳۱۰/۹۰۶ <sup>Bb</sup>	۲۷۴/۸۳۰ <sup>Bc</sup>
۲۰۰	۱۹/۸۴۲ <sup>Bc</sup>	۲۱/۸۳۵ <sup>Bb</sup>	۲۳/۸۷۰ <sup>Ca</sup>	۳۸۹/۵۰۱ <sup>Aa</sup>	۳۴۶/۷۳۳ <sup>Ab</sup>	۳۰۱/۰۴۷ <sup>Ac</sup>

حروف غیر مشترک در هر ستون (حروف بزرگ) و ردیف (حروف کوچک) نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

در طول دوره بازجذب آب، افزایش درصد جذب آب در کدوی خشک شده مشاهده شده است (شکل ۱). این نتیجه با نتایج محققان دیگری که افزایش رطوبت را در طول دوره بازجذب سیب زمینی خشک شده گزارش کرده اند، مطابقت دارد (Markowski et al., 2009). در همه منحنی ها شیب منحنی و سرعت افزایش درصد جذب آب در دقایق اولیه بازجذب بیشتر است. سرعت زیاد جذب آب در مراحل اولیه بازجذب و سپس کاهش آن در ادامه فرایند در آلوورای خشک شده (Vega-Galves et al., 2008; Markowski et al., 2009) می یابد.

در طول دوره بازجذب آب، افزایش درصد جذب آب در کدوی خشک شده مشاهده شده است (شکل ۱). این نتیجه با نتایج محققان دیگری که افزایش رطوبت را در طول دوره بازجذب سیب زمینی خشک شده گزارش کرده اند، مطابقت دارد (Markowski et al., 2009). در همه منحنی ها شیب منحنی و سرعت افزایش درصد جذب آب در دقایق اولیه بازجذب بیشتر است. سرعت زیاد جذب آب در مراحل اولیه بازجذب و سپس کاهش آن در ادامه فرایند در آلوورای خشک شده (Vega-Galves et al., 2008; Markowski et al., 2009) می یابد.

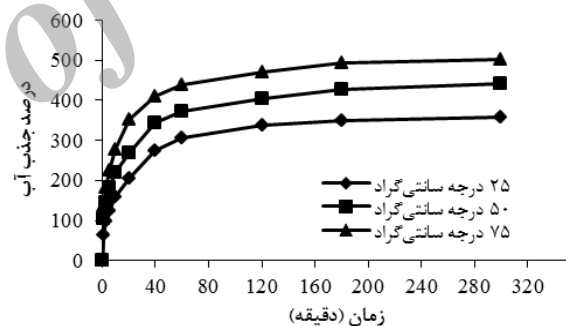
زمان بازجذب بر میزان شاخص‌های رنگ کدوی خشک‌شده نشان‌دهنده کاهش شاخص‌های  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  و افزایش شاخص  $\Delta E$  کدو در طول دوره بازجذب تا دقیقه ۱۸۰ است (جدول ۳). شاخص  $L^*$ ، شاخص تیرگی-روشنی است که هرچه بیشتر باشد، نشان‌دهنده روشن‌تر بودن و هرچه کمتر باشد، نشان‌دهنده تیرگی است و به دلیل جذب آب در طول دوره بازجذب این شاخص کاهش داشته است و نمونه‌ها تیره‌تر شده‌اند. کاهش شاخص  $L^*$  در طول بازجذب آب در اسلایس‌های خشک‌شده سیب نیز گزارش شده است (Taiwo et al., 2002). شاخص  $a^*$ ، شاخص قرمزی-سبزی است که هرچه بیشتر باشد، نشان‌دهنده قرمزی و هرچه کمتر باشد، نشان‌دهنده سبزی است. در طول دوره بازجذب این شاخص نیز کاهش داشته و رنگ سبز در نمونه‌ها بیشتر شده است. شاخص  $b^*$ ، شاخص زردی-آبی است که هرچه بیشتر باشد، نشان‌دهنده زردی و هرچه کمتر باشد، نشان‌دهنده آبی‌بودن است. با توجه به کاهش میزان شاخص  $b^*$  در کدوی خشک‌شده در طول دوره بازجذب آب، رنگ زرد در نمونه‌ها کم شده است. با توجه به تغییرات شاخص‌های رنگ، تغییرات کلی رنگ ( $\Delta E$ ) در کدوی خشک در طول دوره بازجذب افزایش نشان می‌دهد و مهم‌ترین عامل آن تغییرات شاخص  $L^*$  است.



شکل ۲. مقادیر درصد جذب آب کدوی خشک‌شده در پایان دوره بازجذب آب (۲۰۰ دقیقه) در همه تیمارها

در کل زمان بازجذب، صرف نظر از سرعت همزن، اختلاف بین شاخص‌های رنگ کدو در سه دمای به‌کارگیری شده در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است و کدوهایی که بازجذب آنها در آب با دمای ۲۵°C صورت گرفته است، شاخص‌های  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  بیشتری دارند. در نتیجه این کدوها روشن‌ترند، سبزی کمتر و زردی بیشتری دارند. در حالی که شاخص‌های  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  در کدوهایی که بازجذب آنها در آب با دمای ۷۵°C صورت گرفته، حداقل است. کاهش شاخص  $L^*$  با افزایش دمای بازجذب آب در اسلایس‌های سیب خشک‌شده نیز گزارش شده است

و در طول بازجذب نیروی محرک لازم برای انتقال آب تا رسیدن به رطوبت متعادل کم می‌شود (Moreira et al., 2008). در شکل، شیب منحنی مربوط به دمای ۷۵°C در مقایسه با ۵۰ و ۲۵°C نسبت به بیشتر بوده و در نتیجه سرعت جذب رطوبت در دمای ۷۵°C در مقایسه با دو دمای دیگر افزایش داشته است. با بالا رفتن دمای آب بازجذب، میزان انتقال جرم در طول فرایند بازجذب آب افزایش می‌یابد (Vega-Galves et al., 2009) و ضریب دیفوزیون مؤثر جذب آب زیاد می‌شود (Maldonado et al., 2010). افزایش سرعت بازجذب آب و مقدار آب جذب‌شده با افزایش دما، در ساقه بروکلی خشک‌شده (Sanjuan et al., 1999)، در گروهی از میوه‌ها و سبزی‌ها (Krokida & Marinos-Kouris, 2003)، در سیب‌زمینی خشک‌شده (Markowski et al., 2009)، در جعفری خشک‌شده (Gornicki, 2010)، در انبه خشک‌شده (Maldonado et al., 2010)، و در شاه‌بلوط (Moreira et al., 2008) گزارش شده است.



شکل ۱. تغییرات درصد جذب آب کدوی خشک‌شده در طول دوره فرایند بازجذب آب با دماهای گوناگون و بدون همزن

با توجه به شکل ۲، در پایان فرایند بازجذب، بیشترین میزان درصد جذب آب مربوط به کدویی است که بازجذب آن در دمای ۷۵°C با به‌کارگیری همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته است و کمترین مقدار رطوبت در کدویی مشاهده شده است که به‌منظور بازجذب در آب با دمای ۲۵°C بدون استفاده از همزن قرار گرفته است.

شاخص‌های رنگ  $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$  و  $\Delta E$  براساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیرات زمان بازجذب، دما و سرعت همزن، در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص‌های رنگ کدوی خشک‌شده معنی‌دار هستند. اثر متقابل زمان-سرعت شاخص‌های رنگ  $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$  و  $\Delta E$  و اثر متقابل زمان-سرعت همزن بر شاخص‌های  $L^*$  و  $\Delta E$  در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. صرف نظر از سرعت همزن، تأثیرات متقابل دما و

نمونه‌ها تغییرات رنگ کمتری داشته‌اند (جدول ۳). افزایش دمای آب و زمان بازجذب به دلیل جذب آب بیشتر موجب افزایش تغییرات رنگ در کدوی خشک شده می‌گردد. نتایج مشابهی را سایر محققان گزارش کرده‌اند (Moreira et al., 2008). بیشترین تغییرات رنگ در کدوی خشک شده زمانی مشاهده می‌شود که بازجذب آن در آب با دمای ۷۵°C و به مدت ۱۸۰ دقیقه صورت بگیرد (جدول ۳).

(Taiwo et al., 2002). صرف نظر از سرعت همزن، در کل زمان بازجذب تفاوت معنی‌داری بین شاخص  $\Delta E$  کدو در سه دمای به کارگیری شده، در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد و کدوهایی که بازجذب آنها در آب با دمای ۷۵°C صورت گرفته است، شاخص  $\Delta E$  بیشتری دارند و تغییرات کلی رنگ در آنها بیشتر است. شاخص  $\Delta E$  در کدوهایی که بازجذب آنها در آب با دمای ۲۵°C صورت گرفته، حداقل است و در مقایسه با سایر

جدول ۳. اثر متقابل دما و زمان بازجذب بر میانگین شاخص‌های رنگ  $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$  و  $\Delta E$  با سه سرعت متفاوت همزن

زمان (دقیقه)	شاخص $L^*$			شاخص $a^*$			شاخص $b^*$			شاخص $\Delta E$		
	۲۵°C	۵۰°C	۷۵°C	۲۵°C	۵۰°C	۷۵°C	۲۵°C	۵۰°C	۷۵°C	۲۵°C	۵۰°C	۷۵°C
۰	۸۵/۹۸۲ <sup>Aa</sup>	۸۵/۹۸۲ <sup>Aa</sup>	۸۵/۹۸۲ <sup>Aa</sup>	-۰/۶۳۹ <sup>Aa</sup>	-۰/۶۳۹ <sup>Aa</sup>	-۰/۶۳۹ <sup>Aa</sup>	۱۵/۰۴ <sup>Aa</sup>	۱۵/۰۴ <sup>Aa</sup>	۱۵/۰۴ <sup>Aa</sup>	۰/۰۰۰ <sup>Ia</sup>	۰/۰۰۰ <sup>Ia</sup>	۰/۰۰۰ <sup>Ia</sup>
۱	۸۱/۴۹۶ <sup>Ba</sup>	۷۷/۶۶۴ <sup>Bb</sup>	۷۶/۷۸۲ <sup>Bb</sup>	-۰/۶۶۷ <sup>Ba</sup>	-۰/۶۶۷ <sup>Ba</sup>	-۰/۶۶۷ <sup>Ba</sup>	۱۴/۱۹۳ <sup>Bb</sup>	۱۴/۱۹۳ <sup>Bb</sup>	۱۴/۱۹۳ <sup>Bb</sup>	۸/۳۶۲ <sup>Hb</sup>	۸/۳۶۲ <sup>Hb</sup>	۹/۳۱۰ <sup>Ia</sup>
۳	۷۹/۲۹۸ <sup>Ca</sup>	۷۵/۸۰۵ <sup>Cb</sup>	۷۳/۱۲۶ <sup>Cc</sup>	-۰/۶۸۱ <sup>Bc</sup>	-۰/۷۰۷ <sup>Cb</sup>	-۰/۷۲۷ <sup>Cc</sup>	۱۳/۸۵۷ <sup>Bb</sup>	۱۳/۸۵۷ <sup>Bb</sup>	۱۳/۸۵۷ <sup>Bb</sup>	۱۰/۲۴۵ <sup>Gb</sup>	۱۰/۲۴۵ <sup>Gb</sup>	۱۲/۹۷۸ <sup>Ha</sup>
۵	۷۷/۸۶۴ <sup>Da</sup>	۷۴/۳۹۶ <sup>Db</sup>	۷۱/۵۹۴ <sup>Dc</sup>	-۰/۶۹۶ <sup>Ca</sup>	-۰/۷۲۴ <sup>Db</sup>	-۰/۷۴۶ <sup>Dc</sup>	۱۳/۴۴۹ <sup>Cb</sup>	۱۳/۴۴۹ <sup>Cb</sup>	۱۳/۴۴۹ <sup>Cb</sup>	۱۱/۶۹۹ <sup>Fb</sup>	۱۱/۶۹۹ <sup>Fb</sup>	۱۴/۵۵۸ <sup>Ga</sup>
۱۰	۷۵/۳۷۵ <sup>Ea</sup>	۷۲/۱۶۷ <sup>Eb</sup>	۶۹/۰۴۸ <sup>Ec</sup>	-۰/۷۱۶ <sup>Da</sup>	-۰/۷۴۵ <sup>Eb</sup>	-۰/۷۶۶ <sup>Ec</sup>	۱۳/۰۱۹ <sup>Db</sup>	۱۳/۰۱۹ <sup>Db</sup>	۱۳/۰۱۹ <sup>Db</sup>	۱۳/۹۶۳ <sup>Eb</sup>	۱۳/۹۶۳ <sup>Eb</sup>	۱۷/۱۲۶ <sup>Fa</sup>
۲۰	۷۲/۲۰۷ <sup>Fa</sup>	۶۹/۳۷۷ <sup>Fb</sup>	۶۵/۹۷۱ <sup>Fc</sup>	-۰/۷۳۶ <sup>Ea</sup>	-۰/۷۶۱ <sup>Fb</sup>	-۰/۷۸۲ <sup>Fc</sup>	۱۳/۱۱۲ <sup>Ea</sup>	۱۳/۱۱۲ <sup>Ea</sup>	۱۳/۱۱۲ <sup>Ea</sup>	۱۶/۸۱۲ <sup>Db</sup>	۱۶/۸۱۲ <sup>Db</sup>	۲۰/۲۶۰ <sup>Ea</sup>
۴۰	۶۶/۸۵۲ <sup>Gb</sup>	۶۶/۸۵۲ <sup>Gb</sup>	۶۲/۵۹۵ <sup>Gc</sup>	-۰/۷۴۸ <sup>Ea</sup>	-۰/۷۷۹ <sup>Gb</sup>	-۰/۷۹۳ <sup>Gc</sup>	۱۲/۷۹۴ <sup>Ea</sup>	۱۲/۷۹۴ <sup>Ea</sup>	۱۲/۷۹۴ <sup>Ea</sup>	۱۹/۳۶۶ <sup>Cb</sup>	۱۹/۳۶۶ <sup>Cb</sup>	۲۳/۶۶۹ <sup>Da</sup>
۶۰	۶۹/۱۶۱ <sup>Ha</sup>	۶۴/۶۲۳ <sup>Hb</sup>	۶۰/۰۵۶ <sup>Hc</sup>	-۰/۷۶۳ <sup>Fa</sup>	-۰/۷۹۳ <sup>Gb</sup>	-۰/۸۲۳ <sup>Hc</sup>	۱۲/۶۱۶ <sup>Fa</sup>	۱۲/۶۱۶ <sup>Fa</sup>	۱۲/۶۱۶ <sup>Fa</sup>	۲۱/۶۱۷ <sup>Bb</sup>	۲۱/۶۱۷ <sup>Bb</sup>	۲۶/۲۵۱ <sup>Ca</sup>
۱۲۰	۶۷/۵۵۷ <sup>Ia</sup>	۶۲/۳۵۷ <sup>Ib</sup>	۵۷/۲۰۹ <sup>Ic</sup>	-۰/۷۸۵ <sup>Ga</sup>	-۰/۸۲۳ <sup>Hb</sup>	-۰/۸۵۱ <sup>Ic</sup>	۱۱/۳۸۸ <sup>Gb</sup>	۱۱/۳۸۸ <sup>Gb</sup>	۱۱/۳۸۸ <sup>Gb</sup>	۱۸/۶۱۴ <sup>Ac</sup>	۱۸/۶۱۴ <sup>Ac</sup>	۲۹/۱۴۷ <sup>Ba</sup>
۱۸۰	۶۷/۱۳۰ <sup>Ia</sup>	۶۱/۵۹۵ <sup>Ib</sup>	۵۵/۹۳۲ <sup>Ic</sup>	-۰/۷۹۲ <sup>Ga</sup>	-۰/۸۳۳ <sup>Hb</sup>	-۰/۸۶۹ <sup>Ic</sup>	۱۲/۲۸۵ <sup>Ga</sup>	۱۲/۲۸۵ <sup>Ga</sup>	۱۲/۲۸۵ <sup>Ga</sup>	۲۴/۶۸۹ <sup>Ab</sup>	۲۴/۶۸۹ <sup>Ab</sup>	۳۰/۴۵۰ <sup>Aa</sup>

حروف غیر مشترک در هر ستون (حروف بزرگ) و ردیف (حروف کوچک) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

را در آب با به کارگیری سرعت همزن ۲۰۰ دور در دقیقه انجام داده‌اند، افزایش یافته است.

جدول ۴. مقایسه میانگین شاخص‌های رنگ  $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$  و  $\Delta E$  کدوی

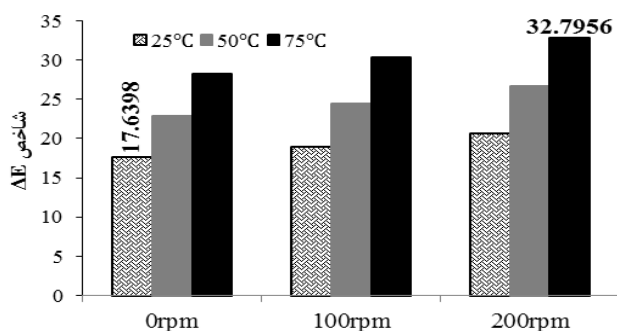
خشک‌شده در کل زمان بازجذب در سه دمای گوناگون با سرعت‌های متفاوت همزن (آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد)

سرعت همزن (دور در دقیقه)	شاخص $L^*$	شاخص $a^*$	شاخص $b^*$	شاخص $\Delta E$
۰	۷۲/۷۹۰ <sup>A</sup>	-۰/۷۳۳ <sup>A</sup>	۱۳/۲۰۲ <sup>A</sup>	۱۳/۳۲۲ <sup>C</sup>
۱۰۰	۷۱/۴۷۹ <sup>B</sup>	-۰/۷۴۶ <sup>B</sup>	۱۲/۷۰۴ <sup>B</sup>	۱۴/۶۹۱ <sup>B</sup>
۲۰۰	۶۹/۴۸۹ <sup>C</sup>	-۰/۷۶۳ <sup>C</sup>	۱۲/۵۷۶ <sup>B</sup>	۱۶/۶۷۸ <sup>A</sup>

\* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

با جذب آب در طول دوره فرایند بازجذب در دماهای متفاوت، شاخص‌های رنگ  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  کدوی خشک‌شده کاهش یافته است. در دقایق اولیه بازجذب کاهش این شاخص‌ها با سرعت بیشتری صورت گرفته است (شکل ۳). سرعت زیاد جذب آب در مراحل اولیه بازجذب و سپس کاهش آن در ادامه فرایند، دلیل این اختلاف سرعت است. در هر سه شکل، شیب منحنی مربوط به دمای ۷۵°C در مقایسه با ۵۰ و ۵۰ نسبت به ۲۵°C بیشتر بوده است. این نتیجه با توجه به جذب بیشتر آب توسط کدو در این دما، قابل توجیه است (Maldonado et al., 2010).

براساس نتایج به دست آمده، کدوهایی که بازجذب آنها در آب بدون استفاده از همزن صورت گرفته است، شاخص‌های  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  بیشتری دارند در حالی که این شاخص‌های رنگ در کدوهایی که بازجذب آنها در آب با استفاده از همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته، حداقل است (جدول ۴). صرف نظر از دما، در کل زمان بازجذب تفاوت معنی‌داری بین شاخص  $\Delta E$  کدو در سه سرعت همزن به کارگیری شده در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد و کدوهایی که بازجذب آنها با استفاده از همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته است، شاخص  $\Delta E$  بیشتری دارند و تغییرات کلی رنگ در آنها بیشتر است. شاخص  $\Delta E$  در کدوهایی که بازجذب آنها بدون همزدن آب انجام شده، حداقل بوده است و در مقایسه با سایر نمونه‌ها تغییرات رنگ کمتری داشته‌اند (جدول ۴). با توجه به اینکه همزدن آب موجب کاهش مقاومت خارجی به انتقال جرم و در نتیجه افزایش جذب آب می‌شود (Maldonado et al., 2010)، بازجذب بیشتر آب با استفاده از همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه، مهم‌ترین عامل در افزایش تغییرات رنگ در این کدو است. با جذب مقدار بیشتر آب، تغییرات مقادیر شاخص‌های رنگ، خصوصاً  $L^*$ ، بیشتر شده است و در نتیجه تغییرات کلی رنگ ( $\Delta E$ ) در کدوهای خشک‌شده‌ای که باز جذب

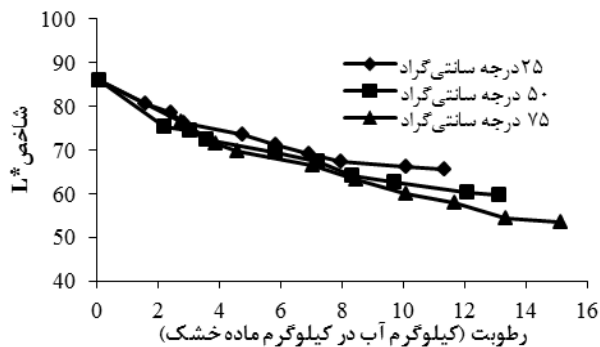


شکل ۵. مقادیر شاخص ΔE در کدوی خشک‌شده در پایان دوره بازجذب آب (۱۸۰ دقیقه) در همه تیمارها

### نتیجه‌گیری کلی

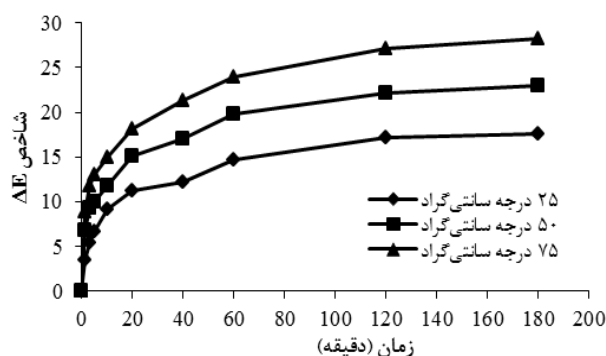
براساس نتایج به‌دست‌آمده، زمان بازجذب، دما، و سرعت همزن در سطح احتمال ۱ درصد، اثر معنی‌داری بر ماده خشک، درصد جذب آب، و شاخص‌های رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$ ، و  $\Delta E$ ) در کدوی خشک‌شده داشته‌اند. افزایش درصد جذب آب کدو طی دوره بازجذب تا دقیقه ۱۸۰ رخ داده است و پس از آن تغییر محسوسی دیده نمی‌شود. کدوهایی که بازجذب آنها در آب با دمای  $75^\circ\text{C}$  صورت گرفته است دارای بیشترین درصد جذب آب و تغییرات کلی رنگ ( $\Delta E$ ) و کمترین مقدار ماده خشک و شاخص‌های رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$ ) بوده‌اند. کدوهایی که بازجذب آنها در آب با دمای  $25^\circ\text{C}$  صورت گرفته است حداقل درصد جذب آب و شاخص  $\Delta E$  و حداکثر میزان ماده خشک و شاخص‌های رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$ ) را داشته‌اند. در نتیجه این کدوها دارای روشنی و زردی بیشتر و سبزی کمتری هستند. کدوهایی که بازجذب آنها در آب بدون استفاده از همزن انجام شده است، ماده خشک و شاخص‌های رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$ ، و  $b^*$ ) بیشتری داشته‌اند و درصد جذب آب و شاخص  $\Delta E$  در آنها حداقل بوده است. کدوهایی که بازجذب آنها در آب با استفاده از همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته است، درصد جذب آب و شاخص  $\Delta E$  حداکثر را داشته‌اند و دارای کمترین میزان ماده خشک و شاخص‌های رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$ ، و  $b^*$ ) بوده‌اند. در طول فرایند، درصد جذب آب و شاخص  $\Delta E$  افزایش و میزان ماده خشک و شاخص‌های رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$ ، و  $b^*$ ) کاهش داشته‌اند. سرعت تغییرات در دقایق اولیه بازجذب، در همه شرایط به‌کاربرده شده، بیشتر بوده و در ادامه فرایند، کاهش یافته است. سرعت و میزان تغییرات در دمای  $75^\circ\text{C}$  در مقایسه با  $50^\circ\text{C}$  و  $25^\circ\text{C}$  نسبت به  $25^\circ\text{C}$  بیشتر بوده است.

پس از طی زمان بازجذب، بیشترین درصد جذب آب و شاخص  $\Delta E$  و کمترین مقدار ماده خشک و شاخص‌های رنگ ( $L^*$ ،  $a^*$ ، و  $b^*$ ) مربوط به کدویی است که بازجذب آن در آب



شکل ۳. تغییرات شاخص  $L^*$  در کدوی خشک‌شده در مقابل میزان رطوبت آن در طول دوره فرایند بازجذب آب با دماهای گوناگون و سرعت همزن ۲۰۰ دور در دقیقه

شاخص  $\Delta E$  در طول دوره بازجذب آب در همه شرایط به‌کاربرده شده، افزایش یافته است. در شکل ۴ افزایش شاخص  $\Delta E$  کدوی خشک‌شده در طول دوره بازجذب آب با دماهای گوناگون و بدون استفاده از همزن نشان داده شده است. شیب منحنی‌ها در دقایق اولیه بازجذب آب بیشتر بوده و کاهش شاخص  $\Delta E$  با سرعت بیشتری صورت گرفته است. سرعت زیاد جذب آب در مراحل اولیه بازجذب و سپس کاهش آن در ادامه فرایند دلیل این اختلاف سرعت است. با توجه به جذب بیشتر آب توسط کدو در دمای  $75^\circ\text{C}$ ، شاخص  $\Delta E$  در این دما افزایش بیشتری داشته است. با افزایش دمای آب بازجذب، ضریب دیفوزیون مؤثر جذب آب زیاد می‌شود (Maldonado et al., 2010).



شکل ۴. تغییرات شاخص  $\Delta E$  در کدوی خشک‌شده در طول دوره فرایند بازجذب آب با دماهای گوناگون و بدون همزن

در پایان دوره بازجذب آب بیشترین شاخص  $\Delta E$  مربوط به کدویی است که بازجذب آب آن در دمای  $75^\circ\text{C}$  و با استفاده از همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته است و کمترین مقدار این شاخص در کدویی مشاهده شده است که برای بازجذب در آب با دمای  $25^\circ\text{C}$  بدون همزن، قرار گرفته است (شکل ۵).

### سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر برای تأمین اعتبار لازم و فراهم کردن امکان اجرای این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

با دمای  $75^{\circ}\text{C}$  با استفاده از همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته است و کمترین درصد جذب آب و شاخص  $\Delta E$  و بیشترین میزان ماده خشک و شاخص‌های رنگ ( $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$ ) در کدویی مشاهده شده است که برای بازجذب در آب با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  بدون همزن، قرار گرفته است.

### REFERENCES

- AOAC. (1984). *Official method of analysis of association of analytical chemists* (14<sup>th</sup> ed). Published by Association of Official Analysis Chemists, USA.
- Cunningham, S. E., Mcminn, W. A. M., Magee, T. R. A. & Richardson, P. S. (2008). Experimental study of rehydration kinetics of potato cylinders. *Food and Bioproducts Processing*, 86, 15- 24.
- Debnath, S., Hemavathy, J., Bhat, K. K. and Rastogi, N.K. (2004). Rehydration Characteristics of Osmotic Pretreated and Dried Onion. *Food and Bioproducts Processing*, 82, 304- 310.
- Fellows, P. (1990). *Food Processing Technology, Principles and Practice*. Ellis Horwood, New York.
- Garcia-Pascual, P., Sanjuan, N., Melis, R. & Mulet, A. (2006). Morchella esculenta (morel) rehydration process modelling. *Journal of Food Engineering*, 72, 346- 353.
- Garcia-Segovia, P., Andres-Bello, A. & Martinez-Monzo, J. (2011). Rehydration of air-dried Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) caps: Comparison of conventional and vacuum water immersion processes. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 480- 488.
- Gornicki, k. (2010). Effect of convectional drying parameters on rehydration kinetics of parsley dried slices. *Annals of Warsaw University of Life Sciences*, 55, 27-33.
- Goula, A. M. & Adamopoulos, K. G. (2009). Modeling the rehydration process of dried tomato. *Drying Technology*, 27(10), 1078- 1088.
- Krokida, M. K. & Marinos-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 57, 1-7.
- Lewicki, P. P. (1998). Some remarks on rehydration of dried foods. *Journal of Food Engineering*, 36, 81-87.
- Maldonado, S., Arnau, E. & Bertuzzi, M. A. (2010). Effect of temperature and pretreatment on water diffusion during rehydration of dehydrated mangoes. *Journal of Food Engineering*, 96, 333-341.
- Marabi, A., Jacobson, M., Livings, S. J. & Saguy, I. S. (2004). Effect of mixing and viscosity on rehydration of dry food particulates. *Euro Food Research Technology*, 218 (4), 339- 344.
- Markowski, M., Bondaruk, J. & Błaszczak, W. (2009). Rehydration behavior of vacuum-microwave-dried potato cubes. *Drying Technology*, 27, 296-305.
- Moreira, R., Chenlo, F., Chaguri, L. & Fernandes, C. (2008). Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration. *Journal of Food Engineering*, 86, 584- 594.
- Peivast, G. (1998). *Vegetable gardening*. pp. 227-231. (In Farsi)
- Ruiz Diaz, G., Martinez-Monzo, J., Fito, P. & Chiralt, A. (2003). Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4, 203- 209.
- Sanjuan, N., Simal, S., Bon, J. & Mulet, A. (1999). Modelling of broccoli stems rehydration process. *Journal of Food Engineering*, 42, 27- 31.
- Sayad, M. (2005). Effect of air temperature and velocity on thin layer drying kinetics of apples slices. M.S. thesis, Tabriz University. (In Farsi)
- Singh, B., Panesar, S.P. & Nanda, V. (2007). Rehydration Kinetics of Un-Osmosed and Pre-Osmosed Carrot Cubes. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 2 (1), 10-17.
- Taiwo, K. A. & Adeyemi, O. (2009). Influence of blanching on the drying and rehydration of banana slices. *African Journal of Food Science*, 3(10), 307- 315.
- Taiwo, K.A., Angersbach, A. & Knorr, D. (2002). Influence of high intensity electric field pulses and osmotic dehydration on the rehydration characteristics of apple slices at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 52, 185-192.
- Vega-Gálvez, A., Notte-Cuello, E., Lemus-Mondaca, R., Zura, L. & Miranda, M. (2009). Mathematical modelling of mass transfer during rehydration process of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). *Food and Bioproducts Processing*, 87, 254- 260.