

## تعیین میزان بازآپوشی و ویژگی‌های بافتی کدو مسمایی خشک (*Cucurbita pepo*) در دما و دوره‌های مختلف همزن

سیما چراغی دهدزی<sup>۱\*</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۱

<sup>۱</sup> عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه علوم و صنایع غذایی، شوشتر، ایران

\*مسئول مکاتبه: Email: simach.de@gmail.com

### چکیده

در این تحقیق، کدوها بصورت برش‌هایی به ضخامت ۰/۴ سانتی‌متر و قطر ۴ سانتی‌متر برش داده شدند. برش‌های کدو پس از آنزیم بری در خشک کن جریان هوای گرم در دمای  $60 \pm 0/5^{\circ}\text{C}$  تا رسیدن به رطوبت  $0/1065 \text{ kgw/kgdm}$  خشک شدند و تا استفاده مجدد آنها در فرآیند بازآپوشی در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری شدند. بازآپوشی برش‌های کدوی خشک شده با وزن معین، در آب مقطر با دماهای مختلف (۲۵، ۵۰ و  $75^{\circ}\text{C}$ ) با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۲۵، با دوره‌های مختلف (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ دور در دقیقه) همزده می‌شد، انجام گرفت. در دوره‌های زمانی مشخص ۱، ۳، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ دقیقه، نمونه‌های کدو از آب خارج شده و وزن نمونه‌ها، میزان رطوبت آنها و شاخص‌های بازآپوشی تعیین گردید. بافت برش‌ها نیز در طول یک دوره ۱۸۰ دقیقه‌ای ارزیابی شد. بر اساس نتایج بدست آمده، در طول دوره بازآپوشی میزان رطوبت، ظرفیت جذب آب و توانایی بازآپوشی در برش‌های کدو افزایش و ظرفیت حفظ ماده خشک و سفتی بافت کاهش داشت. سرعت جذب آب و در نتیجه تغییرات در همه شرایط بازآپوشی برش‌های کدو، در دقایق اولیه، بیشتر بود و در ادامه فرآیند، کاهش یافت. پس از طی زمان بازآپوشی، بیشترین میزان رطوبت، ظرفیت جذب آب و توانایی بازآپوشی و کمترین مقدار ظرفیت حفظ ماده خشک، نیرو و تنش، مربوط به کدویی بود که بازآپوشی آن در دمای  $75^{\circ}\text{C}$  با بکارگیری همزن با دور ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته بود.

واژگان کلیدی: بازآپوشی، خشک کردن با هوای گرم، ظرفیت جذب آب، کدو، همزدن

### مقدمه

بیشتری هستند. کدو مسمایی دارای میوه‌هایی به رنگ سبز تیره و یا سبز روشن است که در اغلب ارقام همراه با لکه‌های سفید مشاهده می‌شود. در ۱۰۰ گرم کدوی

جنس کدوییان<sup>۱</sup> دارای ۱۰ گونه گیاهی بوده که در بین آنها، گونه‌های پیپو<sup>۲</sup>، موسچاتا<sup>۳</sup> و ماکسیما<sup>۴</sup> دارای اهمیت

<sup>۳</sup>moschata

<sup>۴</sup>maxima

<sup>۱</sup>Cucurbita

<sup>۲</sup>Pepo

تازه ۹۰ تا ۹۳ درصد آب و ۷ تا ۱۰ درصد ماده خشک وجود دارد (پیوست ۱۳۷۷).

خشک کردن یکی از گسترده‌ترین روش‌های مورد استفاده برای نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها است (صیاد ۱۳۸۴). محصولات خشک عمدتاً توسط سه ویژگی درصد چروکیدگی، رنگ و بازآپوشی ارزیابی می‌شوند. خشک کردن و سپس بازآپوشی موجب تغییرات زیادی در ساختار و ترکیبات بافت می‌شود که نتیجه آن صدمه به خواص ساختاری است. بازآپوشی معیار اندازه‌گیری میزان صدمات حاصل از خشک کردن به ماده غذایی (فیلوز ۱۹۹۰)، فرآیند پیچیده‌ای است که خصوصیات ایجاد شده را بازسازی می‌کند. سه فرآیند دریافت آب توسط مواد خشک، تورم و خروج مواد محلول در طول بازآپوشی رخ می‌دهد (مورئیرا و همکاران ۲۰۰۸). عوامل مؤثر بر بازآپوشی به دو گروه عوامل داخلی و خارجی تقسیم بندی می‌شوند. عوامل داخلی مانند ترکیب شیمیایی محصول، پیش تیمارهای خشک کردن، فرمولاسیون محصول، شرایط و روش‌های خشک کردن، فرآیندهای بعد از خشک کردن و عوامل خارجی شامل ترکیب محیط شناورسازی، دما و فشار می‌باشد. بعضی از این فاکتورها موجب تغییر در ساختار و ترکیب بافت‌های گیاهی و در نتیجه آسیب به خواص بازسازی می‌شوند (گارسیا سگوویا و همکاران ۲۰۱۱). در بازآپوشی، نسبت مواد جامد خشک به جرم آب از ۱ به ۵ تا ۱ به ۵۰، دمای بازآپوشی از دمای اتاق تا دمای جوش و زمان از ۲ دقیقه تا ۲۴ ساعت متغیر است. بکارگیری همزن در آب نیز امکانپذیر می‌باشد (لویکی ۱۹۹۸).

معمول‌ترین شاخص که برای بازآپوشی بافت‌های گیاهی خشک استفاده می‌شود، نسبت وزن بعد از بازآپوشی به وزن ابتدایی است که ظرفیت بازآپوشی، درصد جذب آب و یا ضریب آبدی گفته می‌شود.

ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک<sup>۱</sup> و توانایی بازآپوشی<sup>۲</sup> از شاخص‌های مورد بررسی در این فرآیند و خشک کردن هستند که نشان دهنده میزان آسیب بافتی می‌باشند (لویکی ۱۹۹۸). بافت ویژگی مهم دیگری برای بدست آوردن شرایط بهینه فرآیندهای غذایی است. خواص بافتی به دما و زمان فرآیندهای خشک کردن و بازآپوشی بستگی دارد (مورئیرا و همکاران ۲۰۰۸). اطلاع از نحوه تأثیر متغیرهای فرآیند بر سینتیک بازآپوشی و پارامترهای کیفی ماده غذایی، و تعیین زمان مناسب خیساندن برای بهینه سازی فرآیند مفید است (مارکوسکی و همکاران ۲۰۰۹). سینتیک بازآپوشی، به دما، نسبت جامد به مایع، ابعاد نمونه، آنزیم‌بری، روش خشک کردن بستگی دارد (کانینگام و همکاران ۲۰۰۸). رفتار بازآپوشی مواد غذایی با افزایش حجم و مقدار رطوبت در طول زمان مشخص می‌شود (مارکوسکی و همکاران ۲۰۰۹). در مرحله اول فرآیند، سرعت بازآپوشی بیشتر است و در مراحل بعد کاهش می‌یابد (سانجوان و همکاران ۱۹۹۹). دمای آب بر سرعت فرآیند و مقدار رطوبت متعادل مؤثر است و با افزایش دمای آب، این سرعت افزایش می‌یابد (مارکوسکی و همکاران ۲۰۰۹). چندین مکانیسم از جمله نفوذ و جریان لوله‌های موئین برای توصیف فرآیند بازآپوشی ارائه شده است که بر اساس انتقال جرم می‌باشند (مورئیرا و همکاران ۲۰۰۸). در بررسی فرآیند بازآپوشی گوجه فرنگی خشک شده در چهار دمای ۲۵، ۴۰، ۶۰ و ۸۰°C مشخص شده است که با افزایش دما، مقدار رطوبت تعادلی کاهش می‌یابد (گولا و آدامپولوس ۲۰۰۹). فرآیند بازآپوشی جعفری خشک شده با کاهش ضخامت و افزایش دمای بازآپوشی از ۲۰ تا ۱۰۰°C، سریعتر صورت می‌گیرد (گورنیکی

<sup>۱</sup>Water Absorption Capacity (WAC)

<sup>۲</sup>Dry matter Holding Capacity (DHC)

<sup>۳</sup>Rehydration Ability (RA)

ساعت برای رسیدن به رطوبت یکسان در دمای یخچال نگهداری شدند.

#### فرآیند بازآبگیری برش‌های خشک شده کدو

تعداد مشخصی از برش‌های کدوی خشک شده با وزن معین، در بشرهای حاوی آب مقطر با دماهای ۲۵، ۵۰ و  $75^{\circ}\text{C}$  (کانینگام و همکاران ۲۰۰۸؛ مورثیرا و همکاران ۲۰۰۸) با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۲۵ (مارکووسکی و همکاران ۲۰۰۹)، قرار داده شدند. همزدن مخلوط با دوره‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفت و در بعضی تیمارها، فرآیند بازآپوشی بدون همزدن انجام شد (کروکیدا و مارینوس کوریس ۲۰۰۳؛ کانینگام و همکاران ۲۰۰۸؛ مالدونادو و همکاران ۲۰۱۰). برای ثابت نگه داشتن 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 رطوبت آنها و سینتیک بازآپوشی مورد بررسی قرار گرفت. بافت برش‌ها نیز در زمان‌های مذکور تا ۱۸۰ دقیقه ارزیابی شد.

#### اندازه‌گیری رطوبت و بررسی شاخص‌های بازآپوشی

برای اندازه‌گیری میزان رطوبت، مقدار ۳-۵ گرم از برش‌های تازه و خشک شده کدو و برش‌ها طی بازآپوشی در زمان‌های معین، خرد و همگن شده در آون خلأ با دمای  $70^{\circ}\text{C}$  تا رسیدن به وزن ثابت (حدود ۲۴ ساعت) قرار گرفت (AOAC).

جهت بررسی شاخص‌های بازآپوشی، پس از اندازه‌گیری وزن و میزان ماده خشک کدوی تازه و خشک شده، نمونه در زمان‌های ۱، ۳، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ دقیقه از آب خارج شده، پس از حذف آب سطحی از آنها، توزین شده و به منظور اندازه‌گیری ماده خشک در آون خلأ با دمای  $70^{\circ}\text{C}$  قرار داده شدند.

۲۰۱۰). بر اساس نتایج بررسی سینتیک فرآیند بازآپوشی تعدادی از میوه‌ها و سبزی‌های خشک شده در دماهای ۴۰، ۶۰ و  $80^{\circ}\text{C}$  با همزن ۱۰۰ دور در دقیقه، دمای آب بر میزان رطوبت تعادلی تأثیر مثبت دارد (کروکیدا و مارینوس کوریس ۲۰۰۳). هدف از این تحقیق، مطالعه اثر زمان، دما و سرعت همزدن بر فرآیند بازآپوشی کدوی خشک شده می‌باشد. در این پژوهش تغییرات میزان رطوبت، ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک، توانایی بازآپوشی و ویژگی‌های بافتی کدو مسمایی طی فرآیند بازآپوشی بعنوان معیار کیفی، مورد بررسی قرار گرفتند.

#### مواد و روش‌ها

##### آماده سازی نمونه

کدوها از بازار محلی خریداری شده و در دمای یخچال ( $4^{\circ}\text{C}$ ) و رطوبت نسبی ۹۵ درصد نگهداری شدند. سپس درجه‌بندی آنها از لحاظ رنگ، قطر و وزن صورت گرفت. پس از شستشو و جدا کردن قسمت‌های سر و ته، وارد دستگاه برش (Haldeh مدل RG-100 ساخت سوئد) شده و به صورت برش‌هایی با ضخامت ۰/۴ سانتی‌متر برش داده شدند. سپس با به‌کارگیری قالبی استوانه‌ای به صورت برش‌هایی به قطر ۴ سانتی‌متر در آمدند. در مرحله بعد با قرار دادن برش‌های کدو در محفظه بخار به مدت ۴ دقیقه آنزیم‌بری صورت گرفت.

##### فرآیند خشک کردن برش‌های کدو

برش‌های کدو پس از سرد شدن، وارد خشک کن جریان هوای گرم با سرعت ۱ متر بر ثانیه شد و در دمای  $60 \pm 0/5^{\circ}\text{C}$  (کانینگام و همکاران ۲۰۰۸؛ وگا گالوز و همکاران ۲۰۰۹) تا رسیدن به رطوبت ۰/۱۰۶۵ کیلوگرم آب بر کیلوگرم ماده خشک، خشک شدند. نمونه‌های خشک در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شده و در یخچال نگهداری شدند. پس از پایان عملیات خشک کردن، همه نمونه‌های خشک شده و نگهداری شده در یخچال، با هم مخلوط شده و در یک بسته به مدت ۲۴

خصوصیات کیفی برش‌های کدو شامل میزان رطوبت، شاخص‌های بازآپوشی و بافت، آزمایشات به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد و مقایسه میانگین با آزمون LSD با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل گردید. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل<sup>۲</sup> انجام شد.

### نتایج و بحث

#### میزان رطوبت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، زمان بازآپوشی، دما و دور همزن، اثر معنی‌داری بر محتوای رطوبت کدوی خشک شده داشته ( $p < 0.01$ ) و اثرات متقابل زمان-دما نیز معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ). مقایسه میانگین‌های محتوای رطوبت کدوی خشک شده در طی زمان فرآیند و در سه دمای بازآپوشی نشان دهنده افزایش رطوبت کدو طی دوره بازآپوشی تا دقیقه ۱۸۰ بوده و پس از آن تغییر محسوسی دیده نشد (جدول ۱). این پدیده مربوط به جذب آب از محیط آبی می‌باشد و بر اساس پدیده نفوذ توجیه می‌شود. بر اساس این جدول، میزان رطوبت کدو در دقیقه ۱۸۰ و ۳۰۰ تفاوت معنی‌داری ندارد. دلیل این حالت، رسیدن کدو به رطوبت تعادلی است. بر اساس این جدول، کدوهایی که بازآپوشی آنها در آب با دمای  $75^{\circ}\text{C}$  صورت گرفته، رطوبت بیشتری داشتند (جدول ۱). در تحقیق کروکیدا و مارینوس کوریس (۲۰۰۳) در مورد گروهی از میوه‌ها و سبزی‌های خشک شده، گارسیا پاسکال و همکاران (۲۰۰۶) در مورد قارچ خشک شده و مارکوسکی و همکاران (۲۰۰۹) در سیب زمینی خشک شده، نتایج مشابهی گزارش شده است. مطابق جدول ۱ بیشترین میزان رطوبت در کدوی خشک شده زمانی مشاهده می‌شود که بازآپوشی آن در آب با دمای  $75^{\circ}\text{C}$  و به مدت ۳۰۰ دقیقه صورت گرفته بود.

برای محاسبات شاخص‌های بازآپوشی از معادلات ۱، ۲ و ۳ استفاده شد (لویکی ۱۹۹۸):

$$WAC = \frac{M_r(100 - S_r) - M_d(100 - S_d)}{M_0(100 - S_0) - M_d(100 - S_d)} \quad [1]$$

$$DHC = \frac{M_r \cdot S_r}{M_d \cdot S_d} \quad [2]$$

$$RA = WAC \cdot DHC \quad [3]$$

در این روابط M جرم نمونه، S درصد ماده خشک و اندیس‌های 0، d و r به ترتیب مربوط به نمونه قبل از خشک کردن، پس از خشک کردن و بعد از بازآپوشی، می‌باشد.

#### اندازه‌گیری خصوصیات بافت

جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی برش‌های خشک شده و طی بازآپوشی در زمان‌های مشخص، از آزمون نفوذ سنجی<sup>۱</sup> به‌وسیله دستگاه تست کشش یونیورسال مدل STM-20 شرکت سنتام استفاده شد. قطر پروب مورد استفاده ۲ میلی‌متر و سرعت نفوذ پروب ۱۰۰ میلی‌متر در دقیقه و سلول حساس به نیروی ۵۰ کیلوگرم انتخاب شد. نیروی حداکثر با استفاده از داده‌های بدست آمده استخراج شد و حداکثر تنش ایجاد شده در اثر نفوذ پروب در داخل برش کدو، به عنوان شاخص کیفیت بافت طی بازآپوشی از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$S = \frac{F}{\pi dt} \quad [4]$$

که در آن F نیروی حداکثر، d قطر پروب و t ضخامت نمونه می‌باشد.

#### طرح آماری و روش آنالیز نتایج

به منظور بررسی اثر زمان در یازده سطح (۰، ۱، ۳، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ دقیقه)، دمای آب در سه سطح (۲۵، ۵۰ و  $75^{\circ}\text{C}$ ) و دور همزن در سه سطح (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ دور در دقیقه) در فرآیند بازآپوشی بر

<sup>۲</sup>Excel

<sup>۱</sup>Puncture

جدول ۱- بر هم کنش دما و زمان بازآپوشی بر میزان رطوبت

رطوبت (کیلوگرم آب بر کیلوگرم ماده خشک)			زمان (دقیقه)
۷۵°C	۵۰°C	۲۵°C	
۰/۱۰۶۵ <sup>Ha</sup>	۰/۱۰۶۵ <sup>Ga</sup>	۰/۱۰۶۵ <sup>Ga</sup>	۰
۲/۳۰۳۷ <sup>Ga</sup>	۱/۷۲۳۱ <sup>Fa</sup>	۱/۱۹۰۷ <sup>FGa</sup>	۱
۳/۲۲۷۵ <sup>FGa</sup>	۲/۴۴۳۸ <sup>Fa</sup>	۱/۸۷۸۸ <sup>Fa</sup>	۳
۳/۸۹۵۷ <sup>Fa</sup>	۲/۹۲۳۹ <sup>Fab</sup>	۲/۲۵۶۷ <sup>Fb</sup>	۵
۶/۱۰۱۴ <sup>Ea</sup>	۴/۸۶۶۵ <sup>Eab</sup>	۳/۸۰۶۳ <sup>Eb</sup>	۱۰
۷/۴۵۶۶ <sup>Ea</sup>	۶/۰۳۳۳ <sup>DEab</sup>	۴/۸۴۲۶ <sup>DEb</sup>	۲۰
۹/۳۰۰۹ <sup>Da</sup>	۷/۰۹۶۵ <sup>CDb</sup>	۵/۶۲۲۷ <sup>CDc</sup>	۴۰
۱۰/۸۰۶۳ <sup>Ca</sup>	۸/۲۳۲۰ <sup>Cb</sup>	۶/۵۴۲۶ <sup>Cc</sup>	۶۰
۱۲/۲۵۴۶ <sup>Ba</sup>	۱۰/۴۰۶۸ <sup>Bb</sup>	۸/۵۳۶۵ <sup>Bc</sup>	۱۲۰
۱۳/۶۰۳۶ <sup>ABa</sup>	۱۱/۵۴۵۳ <sup>ABb</sup>	۹/۷۳۳۸ <sup>ABc</sup>	۱۸۰
۱۴/۱۲۱۷ <sup>Aa</sup>	۱۱/۸۸۱۲ <sup>Ab</sup>	۹/۹۸۳۸ <sup>Ac</sup>	۳۰۰

حروف غیر مشابه در هر ستون (حروف بزرگ) و ردیف (حروف کوچک) نشان دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ( $p < 0.05$ ).

و در نتیجه افزایش جذب آب می‌شود (مالدونادو و همکاران ۲۰۱۰). این نتیجه بر خلاف نظر کانینگام و همکاران (۲۰۰۸) و مرابی و همکاران (۲۰۰۴) است که گزارش کرده‌اند همزدن اثر ناچیزی بر توانایی بازآپوشی دارد. این محققین سیب زمینی و هویج خشک را مورد بررسی قرار داده‌اند و بیشترین مقاومت به انتقال آب را مربوط به مقاومت انتقال جرم درونی غذا معرفی کرده‌اند.

مقایسه میانگین‌های محتوای رطوبت کدوی خشک شده در دوره بازآپوشی با بکارگیری همزن با دوره‌های مختلف، در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس این جدول صرف نظر از دمای آب، در کل زمان بازآپوشی تفاوت بین میزان رطوبت کدو در سه دور همزن بکارگیری شده معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ) و کدوهایی که بازآپوشی آنها با بکارگیری همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته بود، رطوبت بیشتری داشتند. همزدن آب موجب کاهش مقاومت خارجی به انتقال جرم

جدول ۲- مقایسه میانگین رطوبت، ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک، توانایی بازآپوشی، حداکثر نیرو و تنش در

کدوی خشک شده با دوره‌های مختلف همزن

*رطوبت (کیلوگرم آب بر کیلوگرم ماده خشک)	*ظرفیت جذب آب	*ظرفیت حفظ ماده خشک	*توانایی بازآپوشی	*حداکثر نیرو (نیوتن)	*حداکثر تنش (نیوتن بر متر مربع)	سرعت همزن (دور در دقیقه)
۵/۲۶۳۱ <sup>C</sup>	۰/۲۰۰۳ <sup>C</sup>	۰/۷۱۲۰ <sup>A</sup>	۰/۱۳۰۱ <sup>A</sup>	۱/۹۰۴۷ <sup>A</sup>	۱۵۱۶۴۹ <sup>A</sup>	۰
۶/۱۰۹۰ <sup>B</sup>	۰/۲۳۴۴ <sup>B</sup>	۰/۶۲۷۳ <sup>B</sup>	۰/۱۳۷۲ <sup>A</sup>	۱/۷۹۷۹ <sup>B</sup>	۱۴۱۲۶۱ <sup>B</sup>	۱۰۰
۷/۲۵۸۸ <sup>A</sup>	۰/۲۴۴۳ <sup>A</sup>	۰/۶۰۷۲ <sup>B</sup>	۰/۱۳۷۳ <sup>A</sup>	۱/۶۷۸۷ <sup>C</sup>	۱۳۴۴۳۰ <sup>C</sup>	۲۰۰

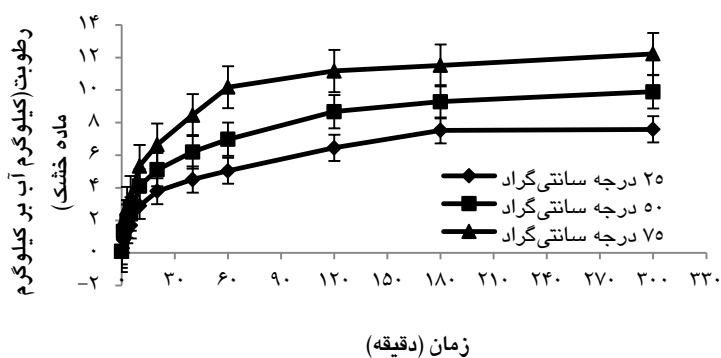
\* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ( $p < 0.05$ ).

همزدن نشان داده شده است. در این منحنی‌ها، افزایش محتوای رطوبت در طول دوره بازآپوشی مشاهده

در شکل ۱ تغییرات محتوای رطوبت کدوی خشک شده در طول دوره بازآپوشی با دماهای مختلف، بدون

بازآپوشی نیروی محرکه لازم جهت انتقال آب تا رسیدن به رطوبت متعادل کم می‌شود (مورئیرا و همکاران ۲۰۰۸). در شکل، شیب منحنی مربوط به دمای  $75^{\circ}\text{C}$  نسبت به  $50^{\circ}\text{C}$  و دمای  $50^{\circ}\text{C}$  نسبت به  $25^{\circ}\text{C}$  بیشتر بوده و در نتیجه سرعت افزایش رطوبت در دمای  $75^{\circ}\text{C}$  نسبت به دو دمای دیگر بیشتر بوده است. با افزایش دمای آب، میزان انتقال جرم در طول فرآیند بازآپوشی افزایش می‌یابد (وگاگالوز و همکاران ۲۰۰۹) و ضریب نفوذ مؤثر جذب آب زیاد می‌شود (مالدونادو و همکاران ۲۰۱۰). افزایش سرعت بازآپوشی و مقدار آب جذب شده با افزایش دما، در ساقه بروکلی خشک شده (سانجوان و همکاران ۱۹۹۹)، در گروهی از میوه‌ها و سبزی‌ها (کروکیدا و مارینوس کوریس ۲۰۰۳)، در سیب زمینی خشک شده (مارکوسکی و همکاران ۲۰۰۹)، در جعفری خشک شده (گورنیکی ۲۰۱۰)، در انبه خشک شده (مالدونادو و همکاران ۲۰۱۰) و در شاه بلوط (مورئیرا و همکاران ۲۰۰۸) گزارش شده است.

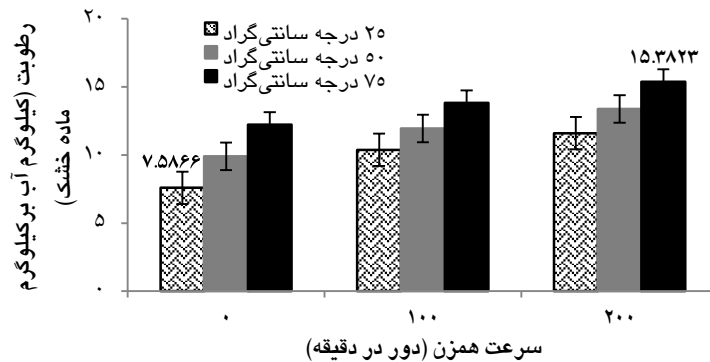
می‌شود. این نتیجه با نتایج مارکوسکی و همکاران (۲۰۰۹) که افزایش رطوبت را در طول دوره بازآپوشی سیب زمینی خشک شده مطالعه کرده‌اند، مطابقت داشت. در همه منحنی‌ها شیب منحنی و سرعت افزایش رطوبت در دقایق اولیه بازآپوشی بیشتر بود. سرعت زیاد جذب آب در مراحل اولیه بازآپوشی و سپس کاهش آن در ادامه فرآیند در آلورای خشک شده توسط وگاگالوز و همکاران (۲۰۰۹)، در سیب زمینی خشک شده توسط مارکوسکی و همکاران (۲۰۰۹) و کانینگام و همکاران (۲۰۰۸)، در انبه خشک شده توسط مالدونادو و همکاران (۲۰۱۰) و در شاه بلوط خشک شده توسط مورئیرا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است. سرعت بالای جذب آب در مراحل اولیه بازآپوشی به دلیل ورود آب به لوله‌های موئین روی سطح نمونه است. بعد از پر شدن لوله‌های موئین آزاد و فضاهای بین سلولی با آب و افزایش سرعت خروج مواد محلول، سرعت جذب آب کاهش می‌یابد (وگاگالوز و همکاران ۲۰۰۹؛ کانینگام و همکاران ۲۰۰۸) و در طول



شکل ۱- تغییرات محتوای رطوبت کدوی خشک شده طی فرآیند بازآپوشی با دماهای مختلف و بدون همزن

میزان رطوبت را داشت و کمترین مقدار رطوبت در کدویی که بازآپوشی آن در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  بدون استفاده از همزن، صورت گرفته بود، مشاهده شد.

با توجه به شکل ۲، در پایان فرآیند، کدویی که بازآپوشی آن در دمای  $75^{\circ}\text{C}$  با بکارگیری همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته، بیشترین



شکل ۲- مقادیر محتوای رطوبت کدوی خشک شده در پایان دوره بازآپوشی (۳۰۰ دقیقه) در تیمارها

### شاخص‌های بازآپوشی آب

ظرفیت جذب آب که بین صفر و یک متغیر است، نسبت آب جذب شده در طول بازآپوشی به آب جدا شده در طول خشک کردن می‌باشد. ظرفیت حفظ ماده خشک، توانایی مواد در نگهداری مواد حل شده را مشخص می‌کند. این شاخص که بین صفر و یک متغیر است، میزان تخریب بافتی و خروج مواد حل شده را نشان می‌دهد، هر چه آسیب بافتی بیشتر باشد این شاخص کوچکتر است. توانایی بازآپوشی کمتر نشان دهنده آسیب بافتی بیشتر می‌باشد (لویکی ۱۹۹۸).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، زمان بازآپوشی و دما اثر معنی‌داری بر هر سه شاخص بازآپوشی داشته‌اند

و اثر دور همزن بر ظرفیت جذب آب و ظرفیت حفظ ماده خشک معنی‌دار بوده است ( $p < 0.01$ ). اثرات متقابل زمان-دما ( $p < 0.05$ ) و زمان-دور همزن و دما-دور همزن بر ظرفیت جذب آب معنی‌دار بوده است ( $p < 0.01$ ). مقایسه میانگین‌های شاخص‌های بازآپوشی کدوی خشک شده در طی زمان فرآیند، صرف نظر از دمای آب و دور همزن، در جدول ۳ ارائه شده است. مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده افزایش WAC و RA و کاهش DHC در کدو طی دوره بازآپوشی بود. نتایج مشابهی در شاه بلوط خشک (مورئیرا و همکاران ۲۰۰۸) و انبه خشک (مالدونادو و همکاران ۲۰۱۰) گزارش شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین رطوبت، ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک و توانایی بازآپوشی در کدوی خشک شده در

### طول فرآیند بازآپوشی

* توانایی بازآپوشی	* ظرفیت حفظ ماده خشک	* ظرفیت جذب آب	زمان (دقیقه)
۰/۰۶۶۲ <sup>F</sup>	۰/۸۵۸۲ <sup>A</sup>	۰/۰۷۸۳ <sup>I</sup>	۱
۰/۰۸۸۱ <sup>E</sup>	۰/۸۰۱۰ <sup>B</sup>	۰/۱۱۱۲ <sup>H</sup>	۳
۰/۱۰۶۵ <sup>DE</sup>	۰/۷۹۱۶ <sup>B</sup>	۰/۱۳۶۰ <sup>G</sup>	۵
۰/۱۱۱۴ <sup>D</sup>	۰/۶۴۱۰ <sup>C</sup>	۰/۱۷۵۶ <sup>F</sup>	۱۰
۰/۱۳۸۳ <sup>C</sup>	۰/۶۴۰۱ <sup>C</sup>	۰/۲۱۶۴ <sup>E</sup>	۲۰
۰/۱۵۷۲ <sup>B</sup>	۰/۶۱۲۸ <sup>C</sup>	۰/۲۵۹۴ <sup>D</sup>	۴۰
۰/۱۶۷۸ <sup>AB</sup>	۰/۵۹۵۹ <sup>CD</sup>	۰/۲۸۵۲ <sup>C</sup>	۶۰
۰/۱۸۰۴ <sup>A</sup>	۰/۵۰۰۴ <sup>DE</sup>	۰/۳۲۶۶ <sup>B</sup>	۱۲۰
۰/۱۶۶۳ <sup>AB</sup>	۰/۵۰۲۸ <sup>EF</sup>	۰/۳۳۴۰ <sup>B</sup>	۱۸۰
۰/۱۶۶۷ <sup>AB</sup>	۰/۴۹۴۵ <sup>F</sup>	۰/۳۴۰۸ <sup>A</sup>	۳۰۰

\* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ( $p < 0.05$ ).

در نتیجه افزایش WAC و RA می‌شود (مورئیرا و همکاران ۲۰۰۸). افزایش دما بدلیل تضعیف دیواره سلولی همچنین موجب افزایش ضریب انتشار و افزایش خروج مواد محلول از ماده می‌گردد و در نتیجه DHC در طی فرآیند بازآپوشی کاهش می‌یابد (مورئیرا و همکاران ۲۰۰۸؛ کانینگام و همکاران ۲۰۰۸؛ مالدونادو و همکاران ۲۰۱۰).

بر اساس جدول ۴ صرف نظر از سرعت همزن در کل زمان فرآیند، اختلاف بین شاخص‌های بازآپوشی کدو در سه دمای بکارگیری شده معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ) و کدوهایی که بازآپوشی آنها در دمای  $75^{\circ}\text{C}$  صورت گرفته، WAC و RA بیشتر و DHC کمتری داشتند. بیشترین میزان DHC مربوط به کدوهایی بود که بازآپوشی آنها در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  صورت گرفته بود. افزایش دمای آب بازآپوشی موجب افزایش جذب آب و

جدول ۴- مقایسه میانگین ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک و توانایی بازآپوشی در کدوی خشک شده در دماهای

#### مختلف

دمای آب ( $^{\circ}\text{C}$ )	* ظرفیت جذب آب	* ظرفیت حفظ ماده خشک	* توانایی بازآپوشی
۲۵	۰/۱۹۴۹ <sup>C</sup>	۰/۶۸۴۳ <sup>A</sup>	۰/۱۲۴۰ <sup>C</sup>
۵۰	۰/۲۲۴۵ <sup>B</sup>	۰/۶۵۳۷ <sup>B</sup>	۰/۱۳۴۳ <sup>B</sup>
۷۵	۰/۲۵۹۵ <sup>A</sup>	۰/۶۰۸۶ <sup>C</sup>	۰/۱۴۶۳ <sup>A</sup>

\* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ( $p < 0/05$ ).

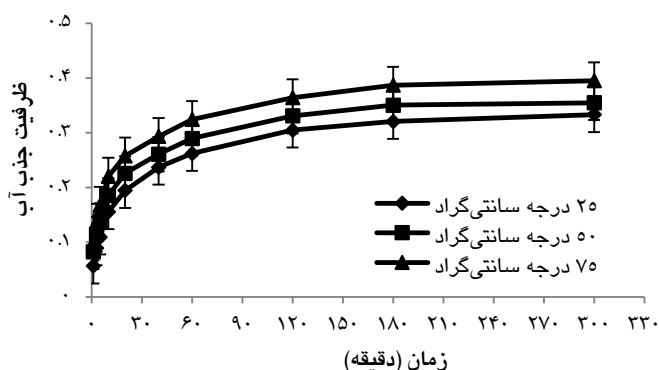
و همکاران (۲۰۰۸) و در شاه بلوط خشک شده توسط مورئیرا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است. شیب منحنی مربوط به دمای  $75^{\circ}\text{C}$  نسبت به دمای  $50^{\circ}\text{C}$  و دمای  $50^{\circ}\text{C}$  نسبت به  $25^{\circ}\text{C}$  بیشتر بوده و در نتیجه سرعت افزایش WAC در دمای  $75^{\circ}\text{C}$  نسبت به دو دمای دیگر بیشتر بوده است. تغییرات سریعتر شاخص‌های بازآپوشی با افزایش دمای فرآیند توسط مورئیرا و همکاران (۲۰۰۸) و مالدونادو و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش شده است.

در شکل ۴ نیز تغییرات ظرفیت جذب آب کدوی خشک شده در مقابل میزان رطوبت آن طی فرآیند بازآپوشی با دماهای مختلف و بدون همزن مشاهده می‌شود. بر اساس این شکل با افزایش میزان رطوبت در طول دوره بازآپوشی، میزان WAC افزایش داشت. افزایش WAC با افزایش میزان رطوبت در شاه بلوط خشک شده نیز توسط مورئیرا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است.

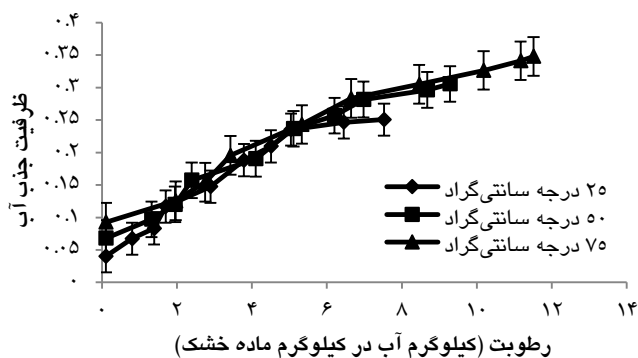
صرف نظر از دمای آب، در کل زمان بازآپوشی تفاوت بین میزان WAC و DHC در کدو در سه دور همزن معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ) و کدوهایی که بازآپوشی آنها با بکارگیری همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته، WAC بیشتر و DHC کمتری داشتند. اختلاف بین مقادیر RA در دوره‌های متفاوت همزن معنی‌دار نبود (جدول ۲).

در شکل ۳ تغییرات WAC کدوی خشک شده در طول دوره بازآپوشی با دماهای مختلف، با سرعت همزن ۱۰۰ دور در دقیقه نشان داده شده است. در این منحنی، افزایش ظرفیت جذب آب در طول دوره بازآپوشی مشاهده شد. در همه منحنی‌ها شیب منحنی و سرعت افزایش WAC در دقایق اولیه بازآپوشی بیشتر بود. سرعت زیاد جذب آب در مراحل اولیه بازآپوشی و سپس کاهش آن در ادامه فرآیند در سیب زمینی خشک شده توسط مارکوسکی و همکاران (۲۰۰۹) و کانینگام





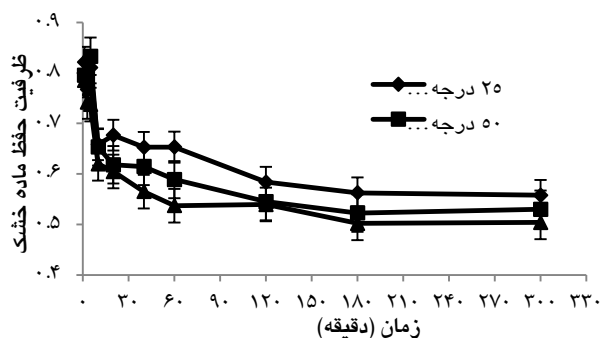
شکل ۳- تغییرات ظرفیت جذب آب کدوی خشک شده طی فرآیند بازآپوشی با دماهای مختلف و سرعت همزن ۱۰۰ دور در دقیقه



شکل ۴- تغییرات ظرفیت جذب آب کدوی خشک شده در مقابل میزان رطوبت آن طی فرآیند بازآپوشی با دماهای مختلف، بدون همزن

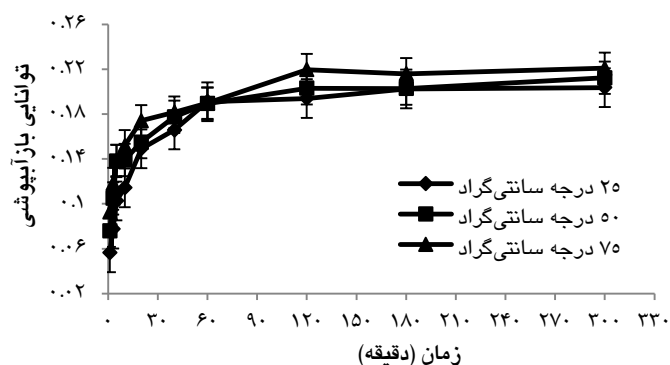
بازآپوشی بیشتر بود. شیب منحنی مربوط به دمای  $25^{\circ}\text{C}$  نسبت به دمای  $50^{\circ}\text{C}$  و  $75^{\circ}\text{C}$  نسبت به دمای  $50^{\circ}\text{C}$  بیشتر بوده و در نتیجه سرعت کاهش DHC در دمای  $75^{\circ}\text{C}$  نسبت به دو دمای دیگر بیشتر بود. با افزایش دمای آب، میزان انتقال جرم در طول فرآیند بازآپوشی افزایش یافت (وگاگالوز و همکاران ۲۰۰۹).

در شکل ۵ تغییرات DHC کدوی خشک شده در طول دوره بازآپوشی با دماهای مختلف، با سرعت همزن ۲۰۰ دور در دقیقه نشان داده شده است. در این منحنی، کاهش ظرفیت حفظ ماده خشک در طول دوره بازآپوشی مشاهده می‌شود. در همه منحنی‌ها شیب منحنی و سرعت کاهش DHC در دقایق اولیه



شکل ۵- تغییرات ظرفیت حفظ ماده خشک کدوی خشک شده طی فرآیند بازآپوشی با دماهای مختلف و سرعت همزن ۲۰۰ دور در دقیقه

آب وارد لوله‌های موئین روی سطح ماده شده و به تدریج با پر شدن لوله‌های موئین آزاد و فضاها بین سلولی با آب این سرعت کاهش می‌یابد (وگاگالوز و همکاران ۲۰۰۹؛ کانینگام و همکاران ۲۰۰۸). شیب منحنی مربوط به دمای  $75^{\circ}\text{C}$  نسبت به دمای  $50^{\circ}\text{C}$  و دمای  $50^{\circ}\text{C}$  نسبت به  $25^{\circ}\text{C}$  بیشتر بوده و در نتیجه سرعت افزایش RA در دمای  $75^{\circ}\text{C}$  نسبت به دو دمای دیگر بیشتر بود.



شکل ۶- تغییرات توانایی بازآپوشی کدوی خشک شده طی فرآیند بازآپوشی با دماهای مختلف و سرعت همزن ۲۰۰ دور در دقیقه

### ویژگی‌های بافتی

(۲۰۱۱) در مورد فرآیند بازآپوشی قارچ نیز گزارش شده است. تفاوت بین مقادیر حداکثر نیرو و تنش کدو در سه دمای بکارگیری شده معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ) و کدوهایی که بازآپوشی آنها در آب با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  صورت گرفته بود، حداکثر نیرو و تنش بیشتری داشتند و دارای بافت سفت‌تری بودند. در حالیکه کدوهایی که بازآپوشی آنها در آب با دمای  $75^{\circ}\text{C}$  صورت گرفته بود، نسبت به سایر نمونه‌ها نرم‌تر بودند (جدول ۵). افزایش مقدار آب جذب شده به دلیل افزایش دمای آب بازآپوشی، در ساقه بروکلی خشک شده (سانجوان و همکاران ۱۹۹۹)، در سیب زمینی خشک شده (مارکوسکی و همکاران ۲۰۰۹)، در جعفری خشک شده (گورنیک ۲۰۱۰) و در شاه بلوط (مورئیرا و همکاران ۲۰۰۸) گزارش شده است. افزایش دمای آب می‌تواند از طریق افزایش ضریب نفوذ و در نتیجه جذب آب بیشتر موجب افزایش تغییرات حداکثر نیرو در کدوی خشک شده گردد. نتایج مشابهی توسط مورئیرا و همکاران

در شکل ۶ تغییرات RA کدوی خشک شده در طول دوره بازآپوشی با دماهای مختلف، با سرعت همزن ۲۰۰ دور در دقیقه نشان داده شده است. در این منحنی، افزایش توانایی بازآپوشی طی فرآیند مشاهده می‌شود. در همه منحنی‌ها شیب منحنی و سرعت افزایش RA در دقایق اولیه بازآپوشی بیشتر بود. سرعت زیاد جذب آب در مراحل اولیه بازآپوشی و سپس کاهش آن در ادامه فرآیند دلیل این وضعیت است. در ابتدای فرآیند،

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، زمان بازآپوشی، دما و دور همزن اثر معنی‌داری بر حداکثر نیرو و تنش کدوی خشک شده داشت. اثرات متقابل زمان-دما بر هر دو ویژگی بافتی ( $p < 0.01$ ) و اثر زمان-دور همزن بر حداکثر نیرو معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ). مقایسه میانگین-های حداکثر نیرو و تنش کدوی خشک شده در طی زمان فرآیند و در سه دمای بازآپوشی نشان دهنده کاهش معنی‌دار حداکثر نیرو و تنش کدو طی دوره بازآپوشی تا زمان ۱۸۰ دقیقه است (جدول ۵). حداکثر نیرو و تنش هر چه بیشتر باشد نشان دهنده سفتی بافت و هر چه کمتر باشد نشان دهنده نرمی آن است. این میزان بدلیل جذب آب در طول دوره بازآپوشی کاهش داشت و نمونه‌ها نرم‌تر شدند. کاهش حداکثر تنش به دلیل افزایش میزان رطوبت با گذشت زمان بازآپوشی، در نتایج تحقیقات مورئیرا و همکاران (۲۰۰۸) در مورد بازآپوشی شاه بلوط و گارسیا سگویا و همکاران

تنش و در نتیجه کمترین میزان سفتی مربوط به کدوهای خشکی است که به مدت ۱۸۰ دقیقه در آب با دمای ۷۵°C قرار گرفتند.

(۲۰۰۸) گزارش شده است. بر اساس جدول ۵ بیشترین میزان حداکثر نیرو و تنش در کدوی خشک شده زمانی مشاهده شده است که بازآپوشی در دمای ۲۵°C و به مدت ۱ دقیقه صورت گرفته و کمترین میزان نیرو و

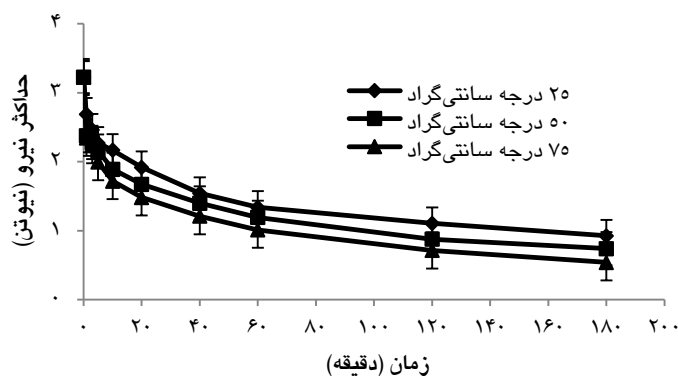
جدول ۵- بر هم کنش دما و زمان بازآپوشی بر حداکثر نیرو و تنش

زمان (دقیقه)	حداکثر نیرو (نیوتن)			حداکثر تنش (نیوتن بر متر مربع)		
	۲۵°C	۵۰°C	۷۵°C	۲۵°C	۵۰°C	۷۵°C
۰	۳/۲۲۶۱ <sup>Aa</sup>	۳/۲۲۶۱ <sup>Aa</sup>	۳/۲۲۶۱ <sup>Aa</sup>	۲۵۶۸۵۵ <sup>Aa</sup>	۲۵۶۸۵۵ <sup>Aa</sup>	۲۵۶۸۵۵ <sup>Aa</sup>
۱	۲/۳۸۶۹ <sup>Bb</sup>	۲/۳۸۶۹ <sup>Bb</sup>	۲/۳۰۸۰ <sup>Bb</sup>	۲۱۳۵۹۶ <sup>Ba</sup>	۱۸۹۲۲۵ <sup>Bb</sup>	۱۸۲۹۸۸ <sup>Bb</sup>
۳	۲/۴۸۳۶ <sup>Ca</sup>	۲/۴۸۳۶ <sup>Ca</sup>	۲/۱۴۵۵ <sup>Cc</sup>	۱۹۸۷۳۴ <sup>Ca</sup>	۱۷۹۵۱۶ <sup>Cb</sup>	۱۷۲۰۸۵ <sup>Cb</sup>
۵	۲/۳۱۸۸ <sup>Da</sup>	۲/۱۱۵۰ <sup>Db</sup>	۱/۹۵۹۱ <sup>Dc</sup>	۱۸۴۰۰۵ <sup>Da</sup>	۱۶۸۵۲۴ <sup>Db</sup>	۱۵۴۵۴۷ <sup>Dc</sup>
۱۰	۲/۱۸۶۱ <sup>Ea</sup>	۱/۹۰۵۵ <sup>Eb</sup>	۱/۷۰۵۰ <sup>Ec</sup>	۱۷۲۶۰۹ <sup>Ea</sup>	۱۵۰۸۹۷ <sup>Eb</sup>	۱۳۵۲۳۹ <sup>Ec</sup>
۲۰	۱/۸۹۴۷ <sup>Fa</sup>	۱/۶۶۹۷ <sup>Fb</sup>	۱/۴۷۸۸ <sup>Fc</sup>	۱۵۰۴۵۵ <sup>Fa</sup>	۱۳۱۱۰۴ <sup>Fb</sup>	۱۱۷۳۲۵ <sup>Fc</sup>
۴۰	۱/۵۳۷۷ <sup>Ga</sup>	۱/۳۸۰۵ <sup>Gb</sup>	۱/۲۱۱۱ <sup>Gc</sup>	۱۲۲۲۳۵ <sup>Ga</sup>	۱۰۸۰۸۱ <sup>Gb</sup>	۹۷۲۴۴ <sup>Gc</sup>
۶۰	۱/۳۴۸۶ <sup>Ha</sup>	۱/۱۸۲۵ <sup>Hb</sup>	۰/۹۹۳۱ <sup>Hc</sup>	۱۰۵۲۰۶ <sup>Ha</sup>	۹۴۰۵۹ <sup>Hb</sup>	۷۹۰۳۱ <sup>Hc</sup>
۱۲۰	۱/۰۸۸۳ <sup>Ia</sup>	۰/۸۸۵۵ <sup>Ib</sup>	۰/۷۲۱۹ <sup>Ic</sup>	۸۶۶۷۲ <sup>Ia</sup>	۷۰۴۸۳ <sup>Ib</sup>	۵۶۸۶۰ <sup>Ic</sup>
۱۸۰	۰/۹۵۹۱ <sup>Ja</sup>	۰/۷۶۷۵ <sup>Jb</sup>	۰/۵۶۴۷ <sup>Jc</sup>	۷۵۳۹۳ <sup>Ja</sup>	۶۰۸۱۹ <sup>Jb</sup>	۴۵۸۹۰ <sup>Jc</sup>

حروف غیرمشابه در هر ستون (حروف بزرگ) و ردیف (حروف کوچک) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ( $p < 0.05$ ).

در شکل ۷ کاهش نیرو در کدوی خشک شده در طول دوره بازآپوشی با دماهای مختلف، و با سرعت‌های همزن ۱۰۰ دور در دقیقه نشان داده شده است. در همه منحنی‌ها شیب منحنی در دقایق اولیه بیشتر می‌باشد و کاهش نیرو با سرعت بیشتری صورت گرفته است. سرعت زیاد جذب آب در مراحل اولیه و سپس کاهش آن در ادامه فرآیند دلیل این اختلاف سرعت می‌باشد. شیب منحنی مربوط به دمای ۷۵°C نسبت به دمای ۵۰°C و دمای ۵۰°C نسبت به ۲۵°C بیشتر بود و در نتیجه حداکثر نیرو در دمای ۷۵°C کاهش بیشتری داشت که با توجه به جذب بیشتر آب توسط کدو در این دما، این نتیجه قابل توجیه است. با افزایش دمای بازآپوشی، ضریب نفوذ مؤثر جذب آب زیاد می‌شود (مالدونادو و همکاران ۲۰۱۰).

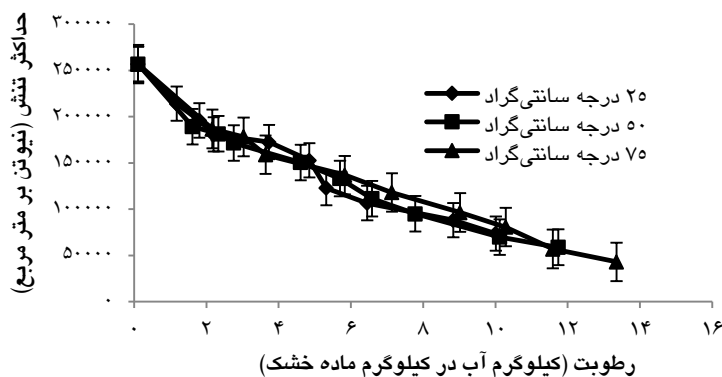
اختلاف بین مقادیر حداکثر نیرو و تنش کدوها صرف نظر از دما، در کل دوره بازآپوشی با بکارگیری سه دور متفاوت همزن معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ). کدوهایی که بازآپوشی آنها در آب بدون استفاده از همزن صورت گرفته، حداکثر نیرو و تنش بیشتری داشته و سفت‌تر بودند در حالیکه حداکثر نیرو و تنش در کدوهایی که بازآپوشی آنها در آب با استفاده از همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته، حداقل بود و نسبت به سایر نمونه‌ها نرم‌تر بودند (جدول ۲). با توجه به اینکه همزدن آب موجب کاهش مقاومت خارجی به انتقال جرم و در نتیجه افزایش جذب آب می‌شود (مالدونادو و همکاران ۲۰۱۰)، بازآپوشی بیشتر با بکارگیری همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه، می‌تواند مهمترین عامل در کاهش نیرو و تنش در این کدو باشد.



شکل ۷- تغییرات حداکثر نیرو در کدوی خشک شده طی فرآیند بازآبپوشی با دماهای مختلف و سرعت همزن ۱۰۰ دور در دقیقه

دور در دقیقه مشخص شده است. بر اساس این شکل با افزایش میزان رطوبت در طول دوره بازآبپوشی، مقادیر حداکثر تنش کاهش داشته است.

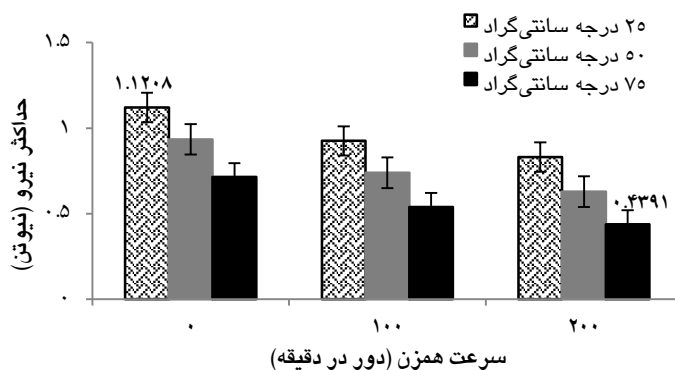
در شکل ۸ تغییرات حداکثر تنش در کدوی خشک شده در مقابل میزان رطوبت آن طی فرآیند بازآبپوشی با دماهای مختلف و با بکارگیری همزن با سرعت ۱۰۰



شکل ۸- تغییرات حداکثر تنش در کدوی خشک شده در طول دوره بازآبپوشی با دماهای مختلف و سرعت همزن ۱۰۰ دور در دقیقه

صورت گرفته و بیشترین میزان نیرو در کدویی مشاهده شد که در آب با دمای ۲۵°C بدون بکارگیری همزن، بازآبپوشی کرده بود (شکل ۹).

پس از ۱۸۰ دقیقه بازآبپوشی، کمترین میزان نیرو، مربوط به کدویی بود که بازآبپوشی آن در دمای ۷۵°C و با بکارگیری همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه



شکل ۹- مقادیر حداکثر نیرو در کدوی خشک شده در پایان دوره بازآبپوشی (۱۸۰ دقیقه) در تیمارها

## نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده، زمان بازآپوشی و دما، اثر معنی‌داری بر محتوای رطوبت، WAC، DHC، RA، حداکثر نیرو و حداکثر تنش در کدوی خشک شده داشته‌اند ( $p < 0.01$ ). دور همزن بر RA اثر معنی‌داری نداشت، اما اثر آن بر سایر ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار بود ( $p < 0.01$ ). افزایش رطوبت کدو طی دوره بازآپوشی تا دقیقه ۱۸۰ رخ داد و پس از آن تغییر محسوسی دیده نشد. کدوهایی که بازآپوشی آنها در آب با دمای  $75^{\circ}\text{C}$  صورت گرفته دارای بیشترین رطوبت، WAC و RA و کمترین DHC، نیرو و تنش بوده‌اند. در کدوهایی که بازآپوشی آنها در آب با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  صورت گرفته محتوای رطوبت، WAC و RA حداقل بوده و دارای حداکثر میزان DHC، نیرو و تنش بوده‌اند. کدوهایی که بازآپوشی آنها در آب بدون استفاده از همزن صورت گرفته، DHC، حداکثر نیرو و تنش بیشتری داشته‌اند و میزان رطوبت و WAC در آنها حداقل بوده است. در کدوهایی که بازآپوشی آنها در آب با استفاده از همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفته، میزان رطوبت، RA و WAC حداکثر بوده و دارای کمترین میزان DHC، نیرو و تنش بودند. در طول دوره بازآپوشی با جذب آب، میزان رطوبت،

WAC و RA افزایش یافت و DHC، حداکثر نیرو و تنش کاهش داشت. سرعت تغییرات در دقایق اولیه بازآپوشی، در همه شرایط بکار برده شده، بیشتر بود و در ادامه فرآیند، کاهش یافت. سرعت و میزان تغییرات در دمای  $75^{\circ}\text{C}$  نسبت به دمای  $50^{\circ}\text{C}$  و دمای  $50^{\circ}\text{C}$  نسبت به  $25^{\circ}\text{C}$  بیشتر بود. پس از طی زمان بازآپوشی، بیشترین میزان رطوبت، WAC و RA و کمترین مقدار DHC، نیرو و تنش، مربوط به کدویی بود که بازآپوشی آن در دمای  $75^{\circ}\text{C}$  با بکارگیری همزن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه صورت گرفت و کمترین مقدار رطوبت، WAC و RA و بیشترین مقدار DHC، نیرو و تنش، در کدویی مشاهده شد که جهت بازآپوشی از آب با دمای  $25^{\circ}\text{C}$  بدون همزن، استفاده شده بود.

## تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر می‌باشد. بدین وسیله از معاونت پژوهشی این واحد برای تأمین اعتبار لازم و فراهم نمودن امکان اجرای این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع مورد استفاده

- پیوست غ، ۱۳۷۷. سبزیکاری، صفحات ۲۳۱-۲۲۷.
- صیاد م، ۱۳۸۴. اثر دما و سرعت هوای خشک کن روی سینتیک خشک کردن ورقه‌های سیب به صورت لایه نازک، پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- 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 SE, Mcminn WAM, Magee TRA and Richardson PS, 2008. Experimental study of rehydration kinetics of potato cylinders. Food and Bioproducts Processing 86: 15- 24.
- Fellows P, 1990. Food Processing Technology, Principles and Practice. Ellis Horwood, New York.
- Garcia-Pascual P, Sanjuan N, Melis R and Mulet A, 2006. Morchella esculenta (morel) rehydration process modelling. Journal of Food Engineering 72: 346- 353.
- García-Segovia P, Andrés-Bello A and Martínez-Monzó 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 AM and Adamopoulos KG, 2009. Modeling the rehydration process of dried tomato. *Drying Technology* 27(10): 1078- 1088.
- Krokida MK and Marinos-Kouris D, 2003. Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering* 57: 1-7.
- Lewicki PP, 1998. Some remarks on rehydration of dried foods. *Journal of Food Engineering* 36: 81-87.
- Maldonado S, Arnau E and Bertuzzi MA, 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 SJ and Saguy IS, 2004. Effect of mixing and viscosity on rehydration of dry food particulates. *Euro Food Research Technology* 218 (4): 339- 344.
- Markowski M, Bondaruk J and Błaszczak W, 2009. Rehydration behavior of vacuum-microwave-dried potato cubes. *Drying Technology* 27: 296- 305.
- Moreira R, Chenlo F, Chaguri L and Fernandes C, 2008. Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration. *Journal of Food Engineering* 86: 584- 594.
- Sanjuan N, Simal S, Bon J and Mulet A, 1999. Modelling of broccoli stems rehydration process. *Journal of Food Engineering* 42: 27- 31.
- Vega-Gálvez A, Notte-Cuello E, Lemus-Mondaca R, Zura L and Miranda M, 2009. Mathematical modelling of mass transfer during rehydration process of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). *Food and Bioproducts Processing* 87: 254- 260.

## Determination of rehydration amounts and texture properties of dried squash (*Cucurbita pepo*) at different temperatures and agitator speeds

S Cheraghi Dehdezi<sup>1\*</sup>

Received: September 30, 2014

Accepted: November 22, 2015

<sup>1</sup>Scientific member, Department of Food Science and Technology, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran

\*Corresponding author: Email: simach.de@gmail.com

### Abstract

In this research, squash (*Cucurbita pepo*) fruits were cut into 0.4 cm thick and 4 cm diameter slices. After blanching, squash slices were dehydrated in a hot air dryer, under air temperature of  $60\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  until moisture content of 0.1065 kgw/ kgdm. Dehydrated samples were stored at  $4^{\circ}\text{C}$  until their use in the rehydration process. Squash slices with specified weight were rehydrated by immersion in distilled water at different temperatures (25, 50, and  $75^{\circ}\text{C}$ ), which was agitated at different speeds (0, 100, and 200 rpm). For all experiments, solid to water ratio was kept at 1:25. At specified time intervals, namely, 1, 3, 5, 10, 20, 40, 60, 120, 180, and 300 min the squash sample was removed from the water, and the weight, moisture content and rehydration indices of the sample were determined. The texture characteristics were examined over a 180 min period. The results showed that moisture content, WAC and RA of squash slices increased, whereas DHC and texture firmness decreased with rehydration time. In general, for all rehydration conditions of squash slices, the highest water absorption rate occurred during the first minutes of process, then this rate decreased. The maximum of moisture content, WAC and RA and the minimum of DHC, force and stress, were observed in squash slices rehydrated into  $75^{\circ}\text{C}$  water which was agitated at 200 rpm.

**Keywords:** Rehydration, Hot air drying, Water absorption capacity, Squash, Agitation