

بررسی ویژگی‌های کدوی خشک شده در طی فرآیند بازجذب آب در دماها و نسبت‌های مختلف ماده خشک به آب

سیما چراغی دهدزی^{۱*}، ناصر همدی^۲

۱- عضو هیأت 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: ۹۲/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۸)

چکیده

بازجذب آب شامل سه فرآیند مهم دریافت آب توسط مواد خشک، تورم و خروج مواد محلول در طول بازجذب می‌باشد. در این تحقیق، کدوها بصورت برش‌هایی به ضخامت ۰/۴ سانتی‌متر و قطر ۴ سانتی‌متر برش داده شده، در محفظه بخار به مدت ۴ دقیقه آنزیم‌بری شدند. برش‌های کدو پس از سرد شدن، تا رسیدن به رطوبت ۰/۱۰۶۵ کیلوگرم آب در یک کیلوگرم ماده خشک، خشک شدند و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بازجذب آب برش‌های کدوی خشک‌شده با وزن معین، در آب مقطر با دماهای مختلف (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد) با نسبت ماده خشک به آب متفاوت (۱ به ۲۵، ۱ به ۵۰ و ۱ به ۱۰۰)، در حالیکه با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه همزده می‌شد، انجام گرفت. در دوره‌های زمانی مشخص تا ۳۰۰ دقیقه، نمونه‌های کدو از آب خارج شده و وزن نمونه‌ها، میزان رطوبت آنها و شاخص‌های بازجذب آب تعیین گردید. بافت برش‌ها نیز در طول یک دوره ۱۸۰ دقیقه‌ای ارزیابی شد. بر اساس نتایج بدست آمده در طول دوره بازجذب آب، میزان رطوبت، ظرفیت جذب آب و توانایی بازجذب آب در برش‌های کدو افزایش و ظرفیت حفظ ماده خشک و سفتی بافت (حداکثر نیرو و تنش) کاهش داشته است. بیشترین میزان ظرفیت جذب آب کدو در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۱۰۰ حاصل شده است. پس از ۱۸۰ دقیقه بازجذب آب در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد کمترین میزان حداکثر نیرو و تنش در کدوی خشک شده مشاهده شده است. کدوهایی که بازجذب آنها در آب با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفته دارای بیشترین رطوبت و توانایی بازجذب آب و کمترین ظرفیت حفظ ماده خشک بوده‌اند. کدوهایی که بازجذب آنها در آب با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۱۰۰ صورت گرفته، حداکثر نیرو و تنش کمتری داشته‌اند و میزان رطوبت و توانایی بازجذب آب در آنها حداکثر بوده است. سرعت جذب آب و در نتیجه تغییرات در همه شرایط بازجذب برش‌های کدو، در دقایق اولیه، بیشتر بوده و در ادامه فرآیند، کاهش یافته است. حداکثر سرعت بازجذب و میزان جذب آب در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد رخ داد.

کلید واژگان: نسبت ماده خشک به آب، کدو، حداکثر نیرو، توانایی بازجذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک

* مسئول مکاتبات: simach.de@gmail.com

۱- مقدمه

کدو مسمایی^۱ دارای میوه‌هایی به رنگ سبز تیره و یا سبز روشن با وزن حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم است. در ۱۰۰ گرم کدوی تازه ۹۰ تا ۹۳ درصد آب و ۷ تا ۱۰ درصد ماده خشک وجود دارد. حدود ۶ درصد ماده خشک را قندهای مختلف تشکیل می‌دهد و باقی پروتئین، چربی و سایر مواد است [۱].

خشک کردن که یک فرآیند کاهش رطوبت از طریق انتقال هم زمان حرارت و جرم است در بین روش‌های مورد استفاده برای نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها، بیشترین کاربرد را دارد [۲]. محصولات خشک عمدتاً توسط سه ویژگی درصد چروکیدگی، رنگ و بازجذب آب ارزیابی می‌شوند. خشک کردن و سپس بازجذب آب موجب تغییرات زیادی در ساختار و در نتیجه صدمه به خواص ساختاری می‌شود [۳].

باز جذب آب فرآیند پیچیده‌ای است که خصوصیات ایجاد شده را بازسازی می‌کند. سه فرآیند مهم دریافت آب توسط مواد خشک، تورم و خروج مواد محلول در طول باز جذب رخ می‌دهد [۴]. در بازجذب آب، نسبت مواد جامد خشک به آب از ۱ به ۵ تا ۱ به ۵۰، دمای آب از دمای اتاق تا دمای جوش و زمان از ۲ دقیقه تا ۲۴ ساعت متغیر است. بکارگیری همزن در آب نیز امکانپذیر می‌باشد. ظرفیت جذب آب^۲، ظرفیت حفظ ماده خشک^۳ و توانایی بازجذب^۴ از شاخص‌های مورد بررسی در فرآیند بازجذب آب و خشک کردن هستند [۵]. بافت ویژگی مهم دیگری برای بدست آوردن شرایط بهینه فرایندهای غذایی است. خواص بافتی به دما و زمان فرآیندهای خشک کردن و بازجذب آب بستگی دارد [۶]. دانستن چگونگی تأثیر متغیرهای فرآیند بر سینتیک بازجذب آب و تعیین زمان مناسب خیساندن برای بهینه سازی فرآیند مفید است [۶]. سینتیک بازجذب آب به دما، نسبت ماده جامد به مایع، اندازه نمونه و روش خشک کردن بستگی دارد [۷]. سینتیک بازجذب آب در دماهای مختلف در سیب‌زمینی [۶ و ۷]، گوجه فرنگی [۸]، هویج [۹]، ساقه کلم بروکلی [۱۰]، جعفری [۱۱]، انبه [۱۲]، پیاز [۱۳] و آلوورا [۱۴] مورد بررسی قرار گرفته است.

سینتیک بازجذب آب گروهی از میوه‌ها و سبزی‌های خشک شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آب با دماهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت همزن ۱۰۰ دور در دقیقه، صورت گرفته و مشخص شده است که دمای آب بر سرعت بازجذب آب و میزان رطوبت متعادل به شکل مثبتی اثر دارد [۱۵]. با بکارگیری مدل‌های مختلف می‌توان سینتیک باز جذب آب را مورد بررسی قرار داد. این مدل‌ها برای بهینه سازی فرآیند بازجذب مفید هستند. از بین این مدل‌ها، مدل‌های تجربی مانند پلگ^۵ کاربرد بیشتری دارند. مدل دیگری که بطور گسترده در مهندسی غذایی بکار می‌رود ویبل^۶ است که در تخمین پارامترهای سینتیک، انعطاف‌پذیری بالایی دارد [۱۶]. مدل پلگ برای شرح سینتیک بازجذب آب در دماهای ۲۵، ۴۵، ۷۰، ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در شاه بلوط خشک‌شده [۴] و مدل‌های پلگ و ویبل برای شرح سینتیک بازجذب قارچ خشک‌شده در آب با دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد با نسبت ۱ به ۲۰۰ [۱۶] و میوه‌های گرمسیری خشک‌شده بصورت انجمادی [۱۷] مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از این تحقیق، مطالعه اثر زمان، دما و نسبت ماده خشک به آب بر فرآیند بازجذب آب کدوی خشک شده می‌باشد. در این پژوهش تغییرات میزان رطوبت، ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک، توانایی بازجذب آب و ویژگی‌های بافتی طی این فرآیند، بعنوان معیار کیفی، مورد بررسی قرار گرفتند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی برش‌های کدو

کدوها از بازار محلی خریداری شده و در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. سپس درجه‌بندی بر اساس رنگ، قطر و وزن صورت گرفت. پس از شستشو و جدا کردن قسمت‌های سر و ته، با بکارگیری دستگاه برش و قالب استوانه‌ای کدوها به صورت برش‌هایی با ضخامت ۴/۰ سانتی‌متر و قطر ۴ سانتی‌متر در آمدند. در مرحله بعد با قرار دادن برش‌های کدو در محفظه بخار به مدت ۴ دقیقه آنزیم‌بری صورت گرفت.

1. Cucurbita pepo
2. Water Absorption Capacity (WAC)
3. Dry matter Holding Capacity (DHC)
4. Rehydration Ability (RA)

5. Peleg
6. Weibull

$$RA = WAC \cdot DHC \quad (3)$$

در این روابط M جرم نمونه، S جرم ماده خشک و اندیس های ۰، d و r به ترتیب مربوط به نمونه قبل از خشک کردن، پس از خشک کردن و بعد از بازجذب آب، می باشد.

۲-۵- اندازه گیری ویژگی های بافتی

جهت بررسی ویژگی های بافتی برش های خشک شده و طی باز جذب آب در زمان های مشخص، از آزمون نفوذ سنجی^۱ به وسیله دستگاه تست کشش یونیورسال مدل STM-20 شرکت سنتام استفاده شد. در این آزمون، قطر پروب ۲ میلی متر، سرعت نفوذ پروب ۱۰۰ میلی متر در دقیقه و سلول حساس به نیروی ۵۰ کیلوگرم انتخاب شد. نیروی حداکثر با استفاده از داده های بدست آمده استخراج شد و حداکثر تنش ایجاد شده در اثر نفوذ پروب در داخل برش کدو، به عنوان شاخص کیفیت بافت طی بازجذب آب از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$S = \frac{F}{\pi dt}$$

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

۲-۶- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

به منظور بررسی اثر زمان، دمای آب و سرعت همزن در فرآیند بازجذب آب بر خصوصیات کیفی برش های کدو شامل میزان رطوبت، شاخص های بازجذب آب و بافت، کلیه آزمایشات در سه تکرار و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمون مقایسه میانگین LSD با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل گردید. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل ۲۰۱۰^۲ انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان رطوبت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، زمان بازجذب، دما و نسبت ماده خشک به آب در سطح احتمال ۱ درصد، اثر معنی داری بر محتوای رطوبت کدوی خشک شده داشته اند (جدول ۱). مقایسه میانگین های محتوای رطوبت کدوی خشک شده در طی زمان

۲-۲- فرآیند خشک کردن کدو

برش های کدو پس از سرد شدن وارد خشک کن جریان هوای گرم با سرعت ۱ متر بر ثانیه (ساخت ایران) شده و در دمای 60°C [۷] و ۱۴ تا رسیدن به رطوبت ۰/۱۰۶۵ کیلوگرم آب بر کیلوگرم ماده خشک، خشک شدند. نمونه های خشک در کیسه های پلی اتیلنی بسته بندی شده و در یخچال نگهداری شدند.

۲-۳- فرآیند بازجذب آب برش های خشک شده

کدو

تعداد مشخصی از برش های کدوی خشک شده با وزن معین، در بشرهای حاوی آب مقطر با دماهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درجه سانتی گراد [۴ و ۷] با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۲۵ [۶]، ۱ به ۵۰ [۱۴] و ۱ به ۱۰۰ قرار داده شدند [۷]. همزدن آب با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه صورت گرفت [۱۵]. برای حفظ دما، بشرهای حاوی آب در بن ماری شیکردار قرار داده شدند. با برداشت نمونه در زمان های ۱، ۳، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ دقیقه، و حذف آب سطحی از آنها، وزن نمونه ها، میزان رطوبت آنها و سینتیک بازجذب آب مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی های بافتی برش ها نیز در زمان های مشخص ذکر شده تا ۱۸۰ دقیقه ارزیابی شد.

۲-۴- بررسی رطوبت و شاخص های بازجذب

آب (ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده

خشک و توانایی بازجذب)

میزان رطوبت در برش های تازه و خشک شده کدو و برش های طی بازجذب آب در زمان های معین، در آون خلأ با دمای 70°C اندازه گیری شد [۱۸].

جهت بررسی شاخص های بازجذب، پس از اندازه گیری وزن و میزان ماده خشک کدوی تازه و خشک شده، نمونه در زمان های 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 اندازه گیری ماده خشک در آون خلأ با دمای 70°C قرار داده شدند. برای محاسبات شاخص های بازجذب از معادلات ۱، ۲ و ۳ استفاده شد [۵]:

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

$$DHC = M_r \cdot S_r / M_d \cdot S_d \quad (2)$$

1. Puncture

2. Excel

فرآیند صرف نظر از دمای آب بازجذب و نسبت ماده خشک به آب در سطح احتمال ۵ درصد نشان دهنده افزایش رطوبت کدو طی دوره بازجذب تا دقیقه ۱۸۰ است و پس از آن تغییر محسوسی دیده نمی‌شود (جدول ۲). این پدیده مربوط به جذب

آب از محیط آبی می‌باشد و بر اساس پدیده دیفوزیون 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.

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس اثر زمان، دما، نسبت ماده خشک شده به آب و اثرات متقابل آنها بر رطوبت، ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک، توانایی بازجذب، حداکثر نیرو و تنش در کدوی خشک شده در سطح احتمال ۱ درصد

منابع تغییرات	درجه آزادی	مربعات درجه	میانگین مربعات	درجه آزادی	ظرفیت جذب آب	ظرفیت حفظ ماده خشک	ظرفیت جذب آب	ظرفیت جذب آب	ظرفیت جذب آب
زمان	۱۰	۴۳۵/۹۴۱**	۹	۰/۲۲۶**	۰/۲۲۷**	۰/۰۳۶**	۱۱/۵۹۸**	۷۴۳۸۸۷۴۵۷۹**	۱۱/۵۹۸**
دما	۲	۱۰۲/۲۳۱**	۲	۰/۰۵۳**	۰/۰۷۵**	۰/۰۰۳*	۱/۷۸۸**	۱۱۳۹۲۸۱۳۰۴۸**	۱/۷۸۸**
نسبت ماده خشک به آب	۲	۸۳/۳۵۷**	۲	۰/۰۵۰**	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۱۶**	۰/۸۸۳**	۵۶۴۲۸۰۰۹۶**	۰/۸۸۳**
زمان × دما	۲۰	۲/۵۷۳ ^{ns}	۱۸	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۳۳**	۲۰۸۵۳۹۴۳۷**	۰/۰۳۳**
زمان × نسبت	۲۰	۲/۷۰۶ ^{ns}	۱۸	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۱*	۰/۰۱۲*	۷۷۷۸۴۲۲۵ ^{ns}	۰/۰۱۲*
دما × نسبت	۴	۰/۴۷۳ ^{ns}	۴	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۲۸۵۰۳۴۵۲ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
زمان × دما × نسبت	۴۰	۰/۱۸۲ ^{ns}	۳۶	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱۰۰۲۴۳۲۸ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
خطا	۹۹	۲/۶۴۴	۹۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۵۱۳۳۶۵۹۲	۰/۰۰۶
کل	۱۹۷		۱۷۹						

***: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد * : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ns: غیر معنی‌دار

جدول ۲ مقایسه میانگین رطوبت، ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک و توانایی بازجذب آب در کدوی خشک شده در طول فرآیند

بازجذب آب (آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد)

زمان (دقیقه)	*رطوبت (کیلوگرم آب بر کیلوگرم ماده خشک)	*ظرفیت جذب آب	*ظرفیت حفظ ماده خشک	*توانایی بازجذب آب
۰	۰/۱۰۶ ± ۰/۰۰۱ ⁱ	-	-	-
۱	۲/۱۲۵ ± ۰/۱۶۷ ^h	۰/۰۹۳ ± ۰/۰۰۳ ⁱ	۰/۷۹۱ ± ۰/۰۹۰ ^a	۰/۰۷۳ ± ۰/۰۱۱ ^f
۳	۳/۰۲۵ ± ۰/۲۸۱ ^{gh}	۰/۱۳۰ ± ۰/۰۰۵ ^h	۰/۷۵۶ ± ۰/۱۰۸ ^a	۰/۰۹۸ ± ۰/۰۲۰ ^e
۵	۳/۶۰۸ ± ۰/۳۵۶ ^g	۰/۱۵۸ ± ۰/۰۰۲ ^g	۰/۷۴۹ ± ۰/۰۸۸ ^a	۰/۱۱۸ ± ۰/۰۱۵ ^{de}
۱۰	۵/۷۴۱ ± ۰/۶۹۵ ^f	۰/۲۰۲ ± ۰/۰۰۶ ^f	۰/۶۱۰ ± ۰/۰۸۹ ^b	۰/۱۲۱ ± ۰/۰۲۱ ^d
۲۰	۷/۲۱۱ ± ۰/۶۳۶ ^e	۰/۲۴۵ ± ۰/۰۰۴ ^e	۰/۶۰۴ ± ۰/۰۶۱ ^b	۰/۱۴۹ ± ۰/۰۱۷ ^c
۴۰	۸/۶۱۴ ± ۱/۱۹۷ ^d	۰/۲۹۵ ± ۰/۰۰۴ ^d	۰/۵۹۱ ± ۰/۰۹۱ ^b	۰/۱۷۴ ± ۰/۰۲۹ ^b
۶۰	۱۰/۰۶۴ ± ۱/۳۳۱ ^c	۰/۳۲۸ ± ۰/۰۰۲ ^c	۰/۵۷۱ ± ۰/۰۷۷ ^{bc}	۰/۱۸۷ ± ۰/۰۲۶ ^{ab}
۱۲۰	۱۲/۴۲۵ ± ۲/۰۴۷ ^b	۰/۳۷۹ ± ۰/۰۰۴ ^b	۰/۵۲۸ ± ۰/۰۸۸ ^{cd}	۰/۲۰۱ ± ۰/۰۳۴ ^a
۱۸۰	۱۳/۸۷۷ ± ۲/۵۳۸ ^a	± ۰/۰۰۳ ^a ۰/۳۸۸ ^{ab}	۰/۴۸۷ ± ۰/۰۹۱ ^d	۰/۱۸۹ ± ۰/۰۳۶ ^{ab}
۳۰۰	۱۴/۴۰۶ ± ۲/۹۱۹ ^a	۰/۳۹۵ ± ۰/۰۱۵ ^a	۰/۴۷۹ ± ۰/۱۱۵ ^d	۰/۱۸۹ ± ۰/۰۵۵ ^{ab}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

مقایسه میانگین‌های محتوای رطوبت کدوی خشک شده صرف نظر از نسبت ماده خشک به آب در کل زمان بازجذب در سطح احتمال ۵ درصد نشان دهنده وجود رطوبت بیشتر در کدوهای است که بازجذب آنها در آب با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفته است. این میزان در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حداقل است (جدول ۳). با افزایش دمای آب بازجذب، میزان انتقال جرم در طول فرآیند جذب مجدد آب افزایش می‌یابد [۱۴]

جدول ۳ مقایسه میانگین رطوبت، ظرفیت حفظ ماده خشک و توانایی بازجذب آب در کدوی خشک شده در دماهای مختلف آب بازجذب (آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد)

دمای آب (°C)	*رطوبت (کیلوگرم آب بر کیلوگرم ماده خشک)	*ظرفیت حفظ ماده خشک	*توانایی بازجذب آب
۲۵	۶/۱۷۳ ± ۰/۷۱۶ ^c	۰/۶۵۳ ± ۰/۰۸۴ ^a	۰/۱۴۳ ± ۰/۰۲۱ ^b
۵۰	۷/۳۱۴ ± ۱/۰۴۶ ^b	۰/۶۱۵ ± ۰/۰۸۹ ^b	۰/۱۴۸ ± ۰/۰۲۸ ^{ab}
۷۵	۸/۶۵۹ ± ۱/۵۵۶ ^a	۰/۵۸۲ ± ۰/۰۹۷ ^c	۰/۱۵۸ ± ۰/۰۳۰ ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

صرف نظر از دمای آب، در کل زمان بازجذب کدوهای که بازجذب آنها در آب با نسبت ۱ به ۱۰۰ صورت گرفته، رطوبت بیشتری دارند (جدول ۴). بر اساس این جدول، میزان رطوبت کدو در نسبت ۱ به ۵۰ و ۱ به ۱۰۰ تفاوت معنی‌داری ندارد. بازجذب آب بیشتر در مقادیر بیشتر آب نسبت به کدوی خشک

ممکن است مربوط به تعداد بیشتر مولکول‌های آب و در نتیجه نیروی محرک بیشتر برای نفوذ آب باشد. در تحقیق کانینگام و همکاران (۲۰۰۸) نیز با افزایش مقدار آب تا نسبت ۱ به ۵۰، افزایش سرعت بازجذب آب، افزایش ضرایب دیفوزیون و میزان رطوبت اشباع گزارش شده است [۷].

جدول ۴ مقایسه میانگین رطوبت، ظرفیت حفظ ماده خشک، توانایی بازجذب آب، حداکثر نیرو و تنش در کدوی خشک شده با نسبت‌های متفاوت ماده خشک شده به آب (آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد)

نسبت ماده خشک به آب	*رطوبت (کیلوگرم آب بر کیلوگرم ماده خشک)	*ظرفیت حفظ ماده خشک	*توانایی بازجذب آب	*حداکثر نیرو (نیوتن)	*حداکثر تنش (نیوتن بر متر مربع)
۱:۲۵	۶/۱۰۹ ± ۰/۷۳۵ ^b	۰/۶۲۷ ± ۰/۰۸۲ ^a	۰/۱۳۷ ± ۰/۰۲۱ ^b	۱/۷۹۷ ± ۰/۰۸۰ ^a	۱۴۱۲۶۱ ± ۶۴۱۱ ^a
۱:۵۰	۷/۸۰۲ ± ۱/۰۲۲ ^a	۰/۶۱۵ ± ۰/۰۸۵ ^a	۰/۱۴۴ ± ۰/۰۲۵ ^b	۱/۶۴۴ ± ۰/۰۸۲ ^b	۱۳۰۸۹۲ ± ۶۵۶۸ ^b
۱:۱۰۰	۸/۲۳۵ ± ۱/۵۶۱ ^a	۰/۶۰۸ ± ۰/۱۰۲ ^a	۰/۱۶۸ ± ۰/۰۳۳ ^a	۱/۵۵۸ ± ۰/۰۸۲ ^c	۱۲۱۸۸۲ ± ۶۵۳۰ ^c

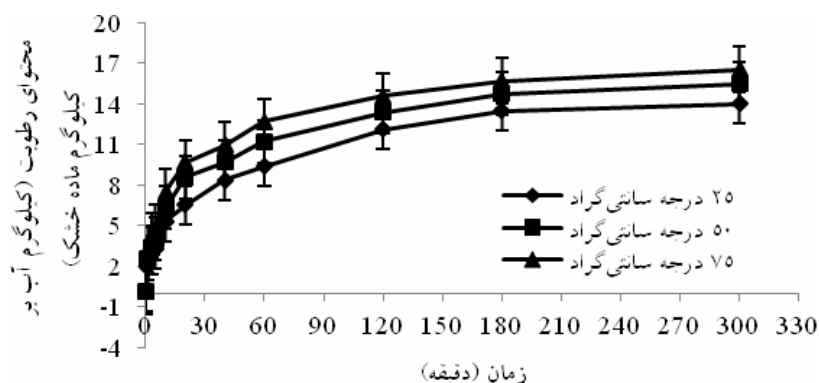
* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

بر اساس نتایج بدست آمده، محتوای رطوبت کدوی خشک شده در طول فرآیند بازجذب آب در همه شرایط بکار برده شده افزایش می‌یابد. در شکل ۱ تغییرات محتوای رطوبت کدوی

خشک شده در طول دوره بازجذب آب با دماهای مختلف، با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۱۰۰ نشان داده شده است. افزایش رطوبت در طول دوره بازجذب آب در سیب زمینی خشک شده

نیز توسط مارکوسکی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است [۶]. در همه منحنی‌ها شیب منحنی و سرعت افزایش رطوبت در اوایل دوره بازجذب آب بیشتر می‌باشد. سرعت زیاد جذب آب در مراحل اولیه بازجذب و سپس کاهش آن در ادامه فرآیند در شاه بلوط خشک شده [۴]، در سیب زمینی خشک شده [۷]، در آلورای خشک شده [۱۴] و در انبه خشک شده [۱۲] نیز گزارش

شده است. سرعت بالای جذب آب در مراحل اولیه بازجذب به دلیل ورود آب به لوله‌های موئین روی سطح نمونه است. با پر شدن لوله‌های موئین و فضاهای بین سلولی با آب و خروج مواد محلول، سرعت جذب آب کاهش می‌یابد [۷ و ۱۴] و در طول بازجذب نیروی محرک لازم جهت انتقال آب تا رسیدن به رطوبت متعادل کم می‌شود [۴].



شکل ۱ تغییرات محتوای رطوبت کدوی خشک شده طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ۱ به ۱۰۰ در دماهای مختلف

۳-۲- ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده

خشک و توانایی بازجذب آب

ظرفیت جذب آب که بین صفر و یک متغیر است، نسبت آب جذب شده در طول دوره باز جذب به آب جدا شده در طول فرآیند خشک کردن می‌باشد. ظرفیت حفظ ماده خشک، توانایی مواد در نگهداری مواد محلول را مشخص می‌کند. این شاخص که بین صفر و یک متغیر است، نشان‌دهنده میزان تخریب بافتی و نفوذپذیری به مواد محلول می‌باشد و هر چه آسیب بافتی بیشتر باشد این شاخص کوچکتر است. توانایی بازجذب کمتر نشان‌دهنده آسیب بافتی بیشتر می‌باشد [۵].

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، زمان بازجذب و دما اثر معنی‌داری بر هر سه شاخص ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک و توانایی بازجذب آب داشته‌اند و اثر نسبت ماده خشک به آب بر ظرفیت جذب آب و توانایی بازجذب آب در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است. اثرات متقابل زمان-

نسبت و دما- نسبت در سطح احتمال ۱ درصد بر ظرفیت جذب آب معنی‌دار بوده است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های شاخص‌های بازجذب آب کدوی خشک شده در طی زمان فرآیند بازجذب صرف نظر از دمای آب بازجذب و نسبت ماده خشک به آب در سطح احتمال ۵ درصد نشان دهنده روند افزایشی ظرفیت جذب آب و توانایی بازجذب آب بوده و کاهش ظرفیت حفظ ماده خشک را نشان می‌دهد (جدول ۲). نتایج مشابهی در شاه بلوط خشک [۴] و انبه خشک [۱۲] گزارش شده است. بر اساس جدول ۳ صرف نظر از نسبت ماده خشک به آب در کل زمان بازجذب، کدوهای که بازجذب آنها در آب با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفته، توانایی بازجذب آب بیشتر و ظرفیت حفظ ماده خشک کمتری دارند. بیشترین میزان ظرفیت حفظ ماده خشک مربوط به کدوهای است که بازجذب آنها در آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفته است. افزایش دمای آب بازجذب موجب افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش ظرفیت جذب آب و توانایی بازجذب آب می‌شود [۴]. افزایش

دما بدلیل تضعیف دیواره سلولی همچنین موجب افزایش ضریب انتشار و افزایش خروج مواد محلول از ماده می‌گردد و در نتیجه ظرفیت حفظ ماده خشک در طی فرآیند بازجذب کاهش می‌یابد [۴، ۷ و ۱۲]. صرف نظر از دمای آب، در کل زمان بازجذب، کدوهای که بازجذب آنها در آب با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۱۰۰ صورت گرفته دارای حداکثر توانایی بازجذب آب بوده‌اند

(جدول ۴). بیشترین میزان ظرفیت جذب آب در کدوی خشک شده زمانی مشاهده شده است که بازجذب آن در آب با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۱۰۰ صورت گرفته و کمترین میزان ظرفیت جذب آب مربوط به کدوهایی است که در آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با نسبت ۱ به ۲۵ قرار گرفته‌اند (جدول ۵).

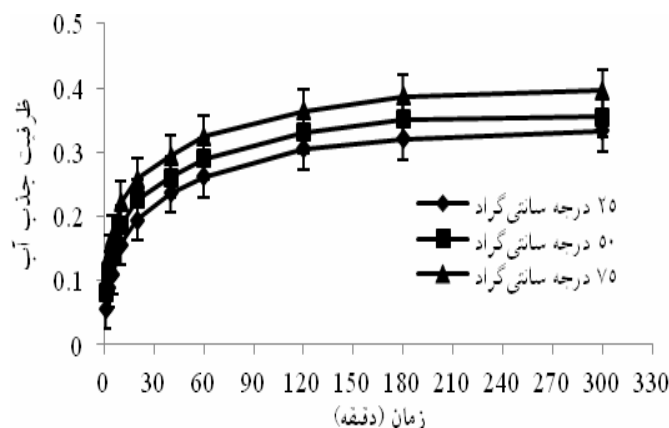
جدول ۵ اثر متقابل دما و نسبت ماده خشک به آب بر ظرفیت جذب آب (WAC)

نسبت ماده خشک به آب	دما (°C)	
	۲۵	۵۰
۱:۲۵	± 0.002 0.212^{Cc}	0.228 ± 0.004^{Cb}
۱:۵۰	± 0.007 0.233^{Bc}	0.257 ± 0.005^{Bb}
۱:۱۰۰	± 0.003 0.254^{Ac}	0.291 ± 0.013^{Ab}
		0.263 ± 0.004^{Ca}

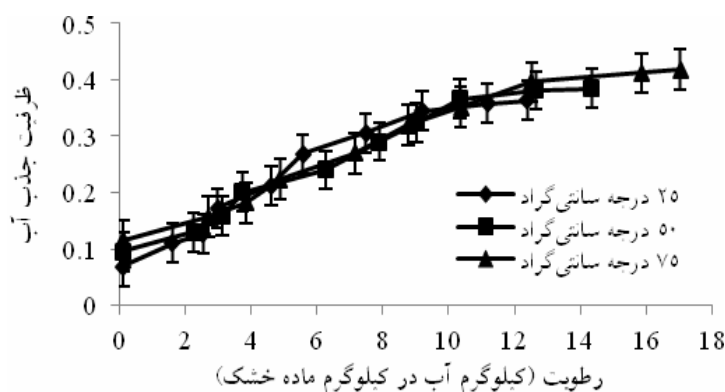
حروف غیرمشترک در هر ستون (حروف بزرگ) و ردیف (حروف کوچک) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

در منحنی‌های تغییرات ظرفیت جذب آب کدوی خشک شده در طول دوره بازجذب آب با دماهای مختلف، افزایش ظرفیت جذب آب در طول دوره بازجذب مشاهده می‌شود. در همه منحنی‌ها شیب منحنی و سرعت افزایش ظرفیت جذب آب در دقایق اولیه بازجذب بیشتر می‌باشد. در شکل ۲ تغییرات ظرفیت جذب آب کدوی خشک شده طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۲۵ در دماهای مختلف مشخص شده است. سرعت زیاد جذب آب در مراحل اولیه بازجذب و سپس کاهش آن در ادامه فرآیند در شاه بلوط خشک شده [۴] و در سیب زمینی

خشک شده [۶ و ۷] نیز گزارش شده است. در شکل ۳ تغییرات ظرفیت جذب آب کدوی خشک شده در مقابل میزان رطوبت آن طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۵۰ در دماهای مختلف مشخص شده است. بر اساس این شکل با افزایش میزان رطوبت در طول دوره بازجذب آب، میزان ظرفیت جذب آب افزایش داشته است. افزایش ظرفیت جذب آب با افزایش میزان رطوبت در شاه بلوط خشک شده نیز گزارش شده است [۴].



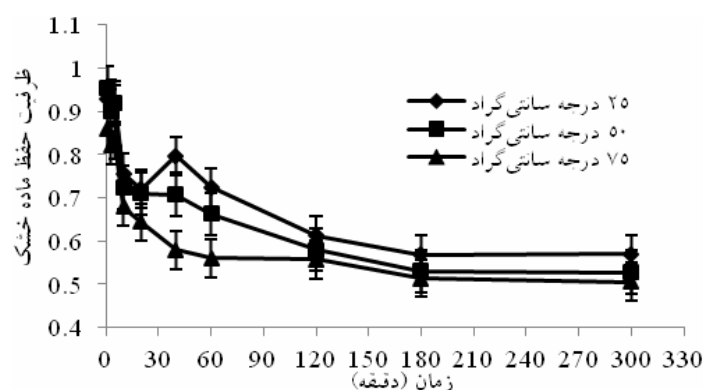
شکل ۲ تغییرات ظرفیت جذب آب کدوی خشک شده طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ۱ به ۲۵ در دماهای مختلف



شکل ۳ تغییرات ظرفیت جذب آب کدوی خشک شده در مقابل میزان رطوبت آن طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ۱ به ۵۰ در دماهای مختلف

درجه سانتی‌گراد نسبت به ۵۰ و ۵۰ نسبت به ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر بوده و در نتیجه سرعت کاهش ظرفیت حفظ ماده خشک در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دو دمای دیگر بیشتر بوده است. با افزایش دمای آب بازجذب، میزان انتقال جرم در طول فرآیند بازجذب آب افزایش می‌یابد [۱۴].

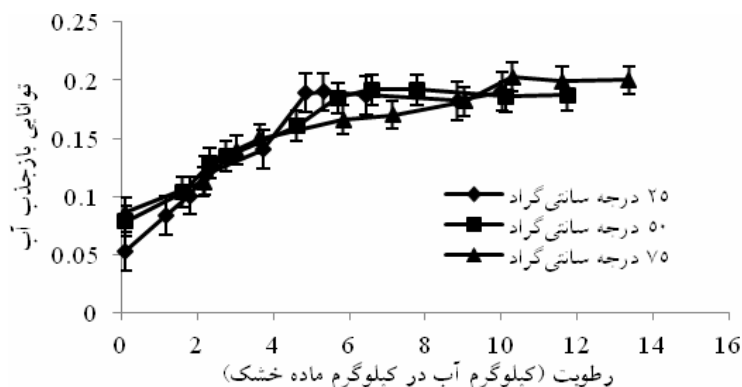
در شکل ۴ تغییرات ظرفیت حفظ ماده خشک کدوی خشک شده در طول دوره بازجذب آب با دماهای مختلف، با نسبت ۱ به ۲۵ نشان داده شده است. در این منحنی، کاهش ظرفیت حفظ ماده خشک در طول دوره بازجذب مشاهده می‌شود. در همه منحنی‌ها شیب منحنی و سرعت کاهش ظرفیت حفظ ماده خشک در دقایق اولیه بازجذب بیشتر می‌باشد. شیب منحنی مربوط به دمای ۷۵



شکل ۴ تغییرات ظرفیت حفظ ماده خشک کدوی خشک شده طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ۱ به ۲۵ در دماهای مختلف

بر اساس این منحنی‌ها در همه دماها، با افزایش میزان رطوبت در کدو توانایی بازجذب آب طی فرآیند افزایش یافته است.

در شکل ۵ تغییرات توانایی بازجذب آب کدوی خشک شده در مقابل میزان رطوبت آن طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۲۵ در دماهای مختلف، نشان داده شده است.



شکل ۵ تغییرات توانایی جذب مجدد آب کدوی خشک شده طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ۱ به ۲۵ در دماهای مختلف

۳-۳- ویژگی‌های بافتی (حداکثر نیرو و

تنش)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، زمان بازجذب، دما و سرعت همزن اثر معنی‌داری بر حداکثر نیرو و تنش کدوی خشک شده داشته‌اند. اثرات متقابل زمان-دما در سطح احتمال ۱ درصد بر هر دو ویژگی بافتی و اثر زمان-نسبت ماده خشک به آب بر حداکثر نیرو در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های حداکثر نیرو و تنش کدوی خشک شده در طی زمان فرآیند و در سه دمای بازجذب در سطح احتمال ۵ درصد نشان دهنده کاهش معنی‌دار حداکثر نیرو و تنش کدو طی دوره بازجذب تا زمان ۱۸۰ دقیقه است (جدول ۵). کاهش میزان حداکثر نیرو و تنش نشان‌دهنده کاهش سفتی بافت و در نتیجه نرم شدن آن در طول دوره بازجذب بدلیل جذب آب در طول این فرآیند می‌باشد [۴]. کاهش حداکثر تنش به دلیل افزایش میزان رطوبت با گذشت زمان بازجذب آب، در نتایج تحقیقات مورثیرا و همکاران (۲۰۰۸) در مورد بازجذب آب شاه بلوط و گارسیا-سگوویا و همکاران (۲۰۱۱) در مورد فرآیند بازجذب قارچ نیز گزارش شده است [۴ و ۱۶]. تفاوت بین مقادیر حداکثر

نیرو و تنش کدو در سه دمای بکارگیری شده در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است و کدوهایی که بازجذب آنها در آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفته، حداکثر نیرو و تنش بیشتری دارند و دارای بافت سفت‌تری هستند. در حالیکه حداکثر نیرو و تنش در کدوهایی که بازجذب آنها در آب با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفته حداقل است و نسبت به سایر نمونه‌ها نرم‌ترند (جدول ۵). افزایش مقدار آب جذب شده به دلیل افزایش دمای آب بازجذب، در ساقه بروکلی خشک شده [۱۰]، در سیب زمینی خشک شده [۶]، در جعفری خشک شده [۱۱] و در شاه بلوط [۴] گزارش شده است. افزایش دمای آب بدلیل جذب آب بیشتر موجب افزایش تغییرات حداکثر نیرو در کدوی خشک شده می‌گردد. نتایج بدست آمده مطابق با نتایجی است که توسط مورثیرا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است [۴]. بر اساس جدول ۶ بیشترین میزان حداکثر نیرو و تنش در کدوی خشک شده زمانی مشاهده شده است که بازجذب آن در آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱ دقیقه صورت بگیرد و کمترین میزان حداکثر نیرو و تنش و در نتیجه کمترین میزان سفتی مربوط به کدوهای خشکی است که به مدت ۱۸۰ دقیقه در آب با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته‌اند.

جدول ۶ اثر متقابل دما و زمان بازجذب بر حداکثر نیرو و حداکثر تنش

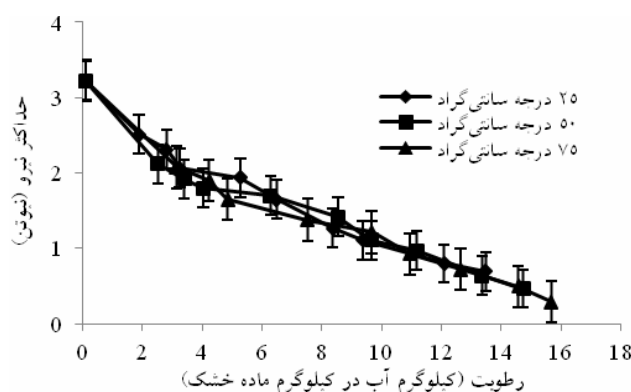
زمان (دقیقه)	حداکثر نیرو (نیوتن)			حداکثر تنش (نیوتن بر مترمربع)		
	۲۵°C	۵۰°C	۷۵°C	۲۵°C	۵۰°C	۷۵°C
۰	۳/۲۲۶ ± ۰/۰۸۲ ^{Aa}	۳/۲۲۶ ± ۰/۰۸۲ ^{Aa}	۳/۲۲۶ ± ۰/۰۸۲ ^{Aa}	۲۵۶۸۵۵ ± ۶۵۶۸ ^{Aa}	۲۵۶۸۵۵ ± ۶۵۶۸ ^{Aa}	۲۵۶۸۵۵ ± ۶۵۶۸ ^{Aa}
۱	۲/۵۸۵ ± ۰/۰۶۳ ^{Ba}	۲/۲۴۹ ± ۰/۰۸۸ ^{Bb}	۲/۲۰۷ ± ۰/۰۹۱ ^{Bb}	۲۰۵۲۸۱ ± ۵۰۶۶ ^{Ba}	۱۷۸۲۹۹ ± ۷۰۶۸ ^{Bb}	۱۷۳۹۲۰ ± ۷۲۵۶ ^{Bb}
۳	۲/۳۸۲ ± ۰/۰۷۳ ^{Ca}	۲/۰۷۶ ± ۰/۰۸۴ ^{Cb}	۲/۰۲۶ ± ۰/۰۸۲ ^{Cb}	۱۸۹۶۴۵ ± ۵۸۸۰ ^{Ca}	۱۶۴۹۱۹ ± ۶۷۲۴ ^{Cb}	۱۵۸۳۹۵ ± ۶۵۳۶ ^{Cb}
۵	۲/۱۵۹ ± ۰/۰۹۴ ^{Da}	۱/۹۴۶ ± ۰/۰۸۲ ^{Db}	۱/۸۰۳ ± ۰/۰۶۷ ^{Dc}	۱۷۰۴۷۰ ± ۷۵۰۶ ^{Da}	۱۵۴۵۹۱ ± ۶۵۳۶ ^{Db}	۱۴۰۴۸۱ ± ۵۳۴۸ ^{Dc}
۱۰	۲/۰۴۰ ± ۰/۰۷۰ ^{Ea}	۱/۷۸۹ ± ۰/۰۶۵ ^{Eb}	۱/۵۲۸ ± ۰/۰۶۹ ^{Ec}	۱۶۰۵۵۵ ± ۵۵۹۸ ^{Ea}	۱۴۰۱۹۳ ± ۵۱۹۱ ^{Eb}	۱۲۰۹۰۸ ± ۵۵۰۴ ^{Ec}
۲۰	۱/۷۶۶ ± ۰/۰۸۴ ^{Fa}	۱/۵۳۱ ± ۰/۰۷۵ ^{Fb}	۱/۳۳۵ ± ۰/۰۸۳ ^{Fc}	۱۳۹۸۶۱ ± ۶۶۹۳ ^{Fa}	۱۱۹۰۰۶ ± ۶۰۰۵ ^{Fb}	۱۰۴۸۷۴ ± ۶۶۳۰ ^{Fc}
۴۰	۱/۳۷۵ ± ۰/۰۸۳ ^{Ga}	۱/۲۳۶ ± ۰/۰۸۹ ^{Gb}	۱/۰۶۴ ± ۰/۱۰۰ ^{Gc}	۱۰۷۴۸۴ ± ۶۶۳۰ ^{Ga}	۹۶۴۲۶ ± ۷۱۳۱ ^{Gb}	۸۳۷۷۵ ± ۸۰۳۸ ^{Gc}
۶۰	۱/۲۱۹ ± ۰/۱۰۸ ^{Ha}	۱/۰۶۳ ± ۰/۰۹۱ ^{Hb}	۰/۸۵۳ ± ۰/۰۸۰ ^{Hc}	۹۳۹۰۴ ± ۸۶۶۳ ^{Ha}	۸۲۰۷۲ ± ۷۳۱۸ ^{Hb}	۶۶۱۷۱ ± ۶۴۴۳ ^{Hc}
۱۲۰	۰/۹۲۸ ± ۰/۰۷۴ ^{Ia}	۰/۷۵۱ ± ۰/۰۸۰ ^{Ib}	۰/۵۹۳ ± ۰/۰۸۵ ^{Ic}	۷۱۸۷۷ ± ۵۹۴۲ ^{Ia}	۵۹۱۱۶ ± ۶۴۴۳ ^{Ib}	۴۵۸۰۲ ± ۶۷۸۷ ^{Ic}
۱۸۰	۰/۸۰۳ ± ۰/۰۷۹ ^{Ja}	۰/۵۹۵ ± ۰/۰۷۶ ^{Jb}	۰/۴۱۱ ± ۰/۰۷۵ ^{Jc}	۶۲۲۵۶ ± ۶۳۱۷ ^{Ja}	۴۶۸۱۹ ± ۶۰۹۸ ^{Jb}	۳۲۶۶۵ ± ۶۰۳۶ ^{Jc}

حروف غیرمشترک در هر ستون (حروف بزرگ) و ردیف (حروف کوچک) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

اختلاف بین مقادیر حداکثر نیرو و تنش کدوها صرف نظر از دما، در کل دوره بازجذب آب با بکارگیری سه نسبت متفاوت ماده خشک به آب در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. کدوهای بازجذب آنها در آب با نسبت ۱ به ۲۵ صورت گرفته، حداکثر نیرو و تنش بیشتری دارند و سفت‌ترند در حالیکه حداکثر نیرو و تنش در کدوهای بازجذب آنها در آب با نسبت ۱ به ۱۰۰ صورت گرفته، حداقل است و نسبت به سایر نمونه‌ها نرم‌ترند (جدول ۴). در شرایطی که آب مورد استفاده جهت بازجذب کدوهای خشک شده بیشتر باشد، مولکول‌های آب و در نتیجه نیروی محرک برای نفوذ بیشتر بوده و با افزایش میزان بازجذب آب، بافت کدو نرم‌تر می‌شود و حداکثر نیرو و تنش کاهش

می‌یابد. در تحقیق کانینگام و همکاران (۲۰۰۸) نیز با افزایش مقدار آب تا نسبت ۱ به ۵۰، افزایش سزعت بازجذب آب، افزایش ضرایب دیفوزیون و میزان رطوبت اشباع مشاهده شده است [۷].

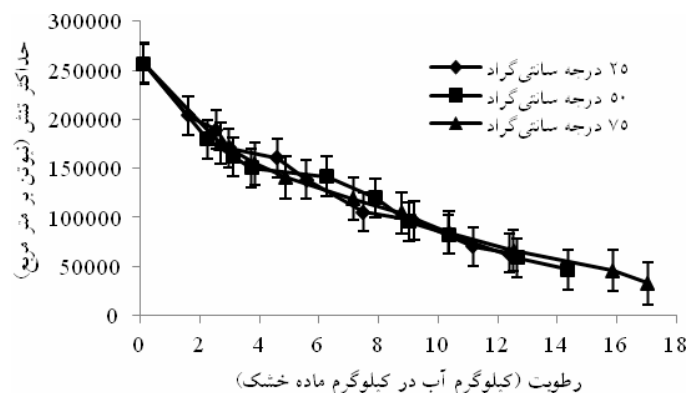
کاهش حداکثر نیرو و تنش در کدوی خشک شده با افزایش میزان رطوبت در طول دوره بازجذب آب با دماهای مختلف و با نسبت‌های مختلف رخ می‌دهد. در شکل ۶ تغییرات حداکثر نیرو در کدوی خشک شده در مقابل میزان رطوبت آن طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ۱ به ۱۰۰ در دماهای مختلف، نشان داده شده است.



شکل ۶ تغییرات حداکثر نیرو در کدوی خشک شده طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ۱ به ۱۰۰ در دماهای مختلف

در شکل ۷ تغییرات حداکثر تنش در کدوی خشک شده در مقابل

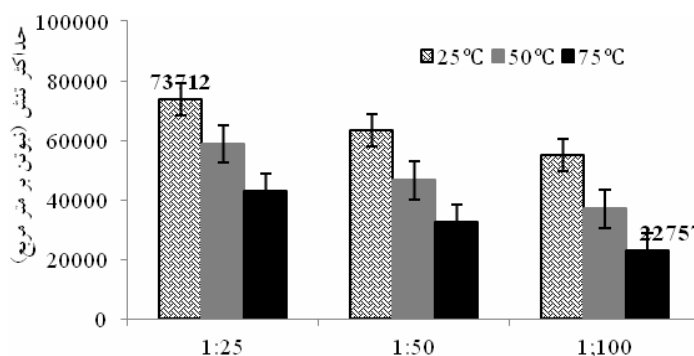
میزان رطوبت آن طی فرآیند بازجذب آب با نسبت ۱ به ۵۰ در دماهای مختلف، نشان داده شده است.



شکل ۷ تغییرات حداکثر تنش در کدوی خشک شده در طول دوره بازجذب آب با نسبت ۱ به ۵۰ در دماهای مختلف

است و بیشترین میزان حداکثر تنش در کدویی مشاهده شده است که در آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۲۵، بازجذب آب کرده است (شکل ۸).

پس از ۱۸۰ دقیقه بازجذب آب، کمترین میزان حداکثر تنش، مربوط به کدویی است که بازجذب آب آن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۱۰۰ صورت گرفته



شکل ۸ مقادیر حداکثر تنش در کدوی خشک شده در همه تیمارها پس از ۱۸۰ دقیقه

۱۸۰ دقیقه قرار گرفته‌اند. ظرفیت جذب آب و توانایی بازجذب آب در کدوهایی که در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد، با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۱۰۰ باز جذب آب نموده‌اند، حداکثر است. با بکارگیری دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در بازجذب، کمترین میزان ظرفیت حفظ ماده خشک در کدو حاصل شده است. کمترین میزان حداکثر نیرو و تنش و در نتیجه کمترین میزان سفتی مربوط به کدوهای خشکی است که به مدت ۱۸۰ دقیقه در آب با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۱۰۰ قرار گرفته‌اند. در طول دوره بازجذب با جذب آب، میزان رطوبت، ظرفیت جذب آب و توانایی بازجذب آب افزایش و ظرفیت حفظ

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده، زمان و دمای بازجذب بر محتوای رطوبت، ظرفیت جذب آب، ظرفیت حفظ ماده خشک، توانایی بازجذب آب، حداکثر نیرو و حداکثر تنش در کدوی خشک شده اثر معنی‌داری داشته است. اثر نسبت ماده خشک به آب نیز بر همه خصوصیات به جز ظرفیت حفظ ماده خشک معنی‌دار بوده است. افزایش رطوبت کدو طی دوره بازجذب تا دقیقه ۱۸۰ رخ داده و پس از آن تغییر محسوسی دیده نشده است. حداکثر رطوبت در کدوهایی مشاهده شده است که در آب با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد، با نسبت ماده خشک به آب ۱ به ۱۰۰ به مدت

- [9] Singh, B., S.P. Panesar and V. Nanda. (2007). "Rehydration Kinetics of Un-Osmosed and Pre-Osmosed Carrot Cubes". *World Journal of Dairy & Food Sciences* 2 (1): 10-17.
- [10] Sanjuan, N., S. Simal, J. Bon and A. Mulet. (1999). "Modelling of broccoli stems rehydration process". *Journal of Food Engineering* 42: 27- 31.
- [11] 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.
- [12] Maldonado, S., E. Arnau and M. A. Bertuzzi. (2010). "Effect of temperature and pretreatment on water diffusion during rehydration of dehydrated mangoes". *Journal of Food Engineering* 96: 333- 341.
- [13] Debnath, S., J. Hemavathy, K. K. Bhat and N.K. Rastogi. (2004). "Rehydration Characteristics of Osmotic Pretreated and Dried Onion". *Food and Bioproducts Processing* 82: 304- 310.
- [14] Vega-Gálvez, A., E. Notte-Cuello, R. Lemus-Mondaca, L. Zura and M. Miranda. (2009). "Mathematical modelling of mass transfer during rehydration process of Aloe vera (Aloe barbadensis Miller)". *Food and Bioproducts Processing* 87: 254- 260.
- [15] Krokida, M. K. and D. Marinos-Kouris . (2003). "Rehydration kinetics of dehydrated products". *Journal of Food Engineering* 57: 1- 7.
- [16] García-Segovia, P., A. Andrés-Bello and J. Martínez-Monzó. (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.
- [17] Marques, L.G., M. M. Prado and J. T. Freire. (2009). "Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits". *LWT - Food Science and Technology* 42: 1232- 1237.
- [18] AOAC. (1984). Official method of analysis of association of analytical chemists (14th ed). Published by Association of Official Analysis Chemists, USA.

ماده خشک، حداکثر نیرو و تنش کاهش داشته‌اند. سرعت تغییرات در دقایق اولیه بازجذب، در همه شرایط بکار برده شده، بیشتر بوده و در ادامه فرآیند، کاهش یافته است.

۵- سپاسگزاری

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

۶- منابع

- [1] Peivast, G. (1998). Vegetable gardening. pp. 227-231. (In Persian)
- [2] Sayad, M. (2005). Effect of air temperature and velocity on thin layer drying kinetics of apples slices. M.S. thesis, Tabriz University.
- [3] Fellows, P. (1990). Food Processing Technology, Principles and Practice, Ellis Horwood, New York, USA.
- [4] Moreira, R., F. Chenlo, L. Chaguri and C. Fernandes. (2008). "Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration". *Journal of Food Engineering* 86: 584- 594.
- [5] Lewicki, P. P. (1998). "Some remarks on rehydration of dried foods". *Journal of Food Engineering* 36: 81-87.
- [6] Markowski, M., J. Bondaruk and W. Błaszczak. (2009). "Rehydration behavior of vacuum-microwave-dried potato cubes". *Drying Technology* 27: 296- 305.
- [7] Cunningham, S. E, W. A. M. Mcminn, T. R. A. Magee and P. S. Richardson. (2008). "Experimental study of rehydration kinetics of potato cylinders". *Food and Bioproducts Processing* 86: 15- 24.
- [8] Goula, A.M. and K. G Adamopoulos. (2009). "Modeling the rehydration process of dried tomato". *Drying Technology* 27(10): 1078- 1088.

Study of dried squash properties (*Cucurbita pepo*) during rehydration at different temperatures and dry matter-water Ratios

Cheraghi Dehdezi, S.^{1*}, Hamdami, N.²

1. Scientific member, Department of Food Science and Technology, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran

2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

(Received: 92/2/23 Accepted: 92/6/8)

Rehydration typically composes of three simultaneous processes: the imbibition of water into dried material, the swelling of the rehydrated products and the leaching of soluble solids to rehydration medium. In this research, squash (*Cucurbita pepo*) fruits were cut into 0.4 cm thick and 4 cm diameter slices. Then, squash slices were blanched in a steam chamber for 4 min. After cooling to room temperature, squash slices were dehydrated up to moisture content of 0.1065 kg H₂O per kg d.m. Dehydrated samples were stored at 4°C. Squash slices with specified weight were rehydrated by immersion in distilled water at different temperatures (25, 50, and 75°C), various dry matter-water ratios (1:25, 1:50, and 1:100), which was agitated at 100 rpm. At specified time intervals, up to 300 min, the squash samples were 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, water absorption capacity (WAC) and rehydration ability (RA) of squash slices increased, whereas dry matter holding capacity (DHC) and texture firmness (maximum force and stress) decreased with rehydration time. The maximum WAC was achieved in squash slices rehydrated into 75°C water at 1:100 dry matter-water ratio. The lowest force and stress were observed in squash slices which were rehydrated into 75°C water after 180 minute. These squash slices had the maximum moisture content and RA and the minimum DHC. The lowest moisture content and RA and the highest DHC, force and stress, were observed in squash slices immersed in water at 1:100 dry matter-water ratio. 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 highest rehydration rate and amount of water absorption occurred in 75°C.

Keywords: Dry matter-water ratio, Squash, Maximum force, Rehydration ability, Dry matter holding capacity

* Corresponding Author E-Mail Address: simach.de@gmail.com