

مطالعه تاثیر محلول‌های اسمزی دوگانه جهت تسریع نرخ انتقال جرم کدوی حلوایی طی آبگیری اسمزی به کمک روش شناسی سطح پاسخ

فاطمه جعفرزاده^۱، حمید توکلی پور^۲، محسن مختاریان*^۳، پیمان آریایی^۱

^۱ گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

^۲ گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

^۳ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۳

چکیده

در این پژوهش، فرآیند آبگیری اسمزی کدوی حلوایی به کمک روش سطح پاسخ بهینه‌یابی گردید. تاثیر دمای محلول اسمزی در سه سطح (۳۵، ۴۵، ۵۵ درجه سانتیگراد)، غلظت ساکارز در سه سطح (۳۵، ۴۵، ۵۵٪ وزنی/حجمی) و زمان آبگیری در سه سطح (۳۰، ۱۰۵، ۱۸۰ دقیقه) مورد مطالعه قرار گرفت. نسبت محلول به نمونه ۱۰ به ۱ انتخاب گردید. مقادیر کاهش آب، جذب مواد جامد، ضریب بهره‌وری، اُفت وزن و محتوای رطوبتی به عنوان پاسخ‌های فرآیند تعریف شدند. نتایج نشان داد که افزایش زمان آبگیری سبب افزایش مقادیر کاهش آب و جذب مواد جامد و کاهش محتوای رطوبت گردید. همچنین نتایج نشان داد که افزایش دما و غلظت محلول اسمزی تاثیر معنادار بر روند کاهش آب و جذب مواد جامد کدوی حلوایی داشتند. به طور کلی نتایج نشان داد که بکارگیری روش سطح پاسخ توانست با تعداد کمتری تیمار فرآیند آبگیری اسمزی کدوی حلوایی را بهینه نماید. به طوری که این مدل توانست مقادیر کاهش آب، جذب مواد جامد، اُفت وزن، ضریب بهره‌وری و محتوای رطوبتی را با ضرایب تبیین ۰/۸۲۲۰، ۰/۶۷۲۷، ۰/۷۶۹۶، ۰/۵۵۹۲ و ۰/۹۲۴۰ پیش‌بینی نماید.

واژه‌های کلیدی: آبگیری اسمزی، سطح پاسخ، جذب مواد جامد، ضریب بهره‌وری، کدوی حلوایی.

۱- مقدمه

خشک کردن مواد غذایی و مشخصاً میوه‌ها و سبزیجات از زمان‌های بسیار دور به عنوان راهی جهت افزایش عمر ماندگاری آنها معمول بوده و امروزه نیز به عنوان یکی از فرآیندهای مهم در صنایع غذایی مطرح می‌باشد. عملیات خشک کردن تاثیر زیادی روی کیفیت محصول و قیمت آن می‌گذارد. در ایران خشکبار پس از نفت اهمیت بسیاری دارد. زیرا حدود ۳۰ تا ۳۵٪ از کل صادرات کشور را تشکیل می‌دهد که این رقم سهم قابل توجهی از صادرات غیر نفتی را به خود اختصاص داده است. بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی (FAO) ایران از نظر تولید کدو حلوائی مقام پنجم را دارا می‌باشد (۲). کدوها از نظر ارزش غذایی حد واسط بین خیار و هندوانه هستند. در ۱۰۰ گرم ماده تازه آن حدود ۹۰ تا ۹۳ درصد آب و ۷ تا ۱۰ درصد ماده خشک وجود دارد. حدود ۶ درصد ماده خشک آن را قندهای مختلف تشکیل می‌دهد و بقیه پروتئین، چربی و سایر مواد است (۲).

این محصول همچنین حاوی مقادیر بالایی از ویتامین‌های K، B₆، تیامین، ریبوفلاوین و مواد معدنی نظیر پتاسیم، فسفر، منیزیم، آهن و سلنیوم می‌باشد (۲۲). لیکوپن، ویتامین E، C و بتا کاروتن، که همگی در کدو حلوائی یافت می‌شوند، خطر بیماری قلبی را کاهش می‌دهند. این مواد مانع تأثیر زیان بار LDL روی دیواره عروق می‌شوند (۲). با توجه به ارزش غذایی، خواص سلامتی‌بخش و تولید بالای این محصول در ایران و مشکلات عمده و بسیاری که در نگهداری و انبارمانی، بسته‌بندی، حمل و نقل و بالا بودن میزان ضایعات، نیاز به راه‌اندازی و احداث صنایع جانبی و تبدیلی در کشور بیش از پیش احساس می‌گردد. مؤثر بودن این روش در جلوگیری از فساد، کاهش حجم، سادگی بسته‌بندی، حمل و نقل و نگهداری محصولات خشک شده با حداقل امکانات از مهمترین این مزایا است (۲). کیفیت محصول غذایی به میزان تغییرات فیزیکی و بیوشیمیایی که در طول فرآیند خشک کردن در آن رخ می‌دهد بستگی دارد. درجه حرارت، زمان و فعالیت آبی در حین فرآیند خشک کردن بر روی کیفیت محصول نهایی تاثیر می‌گذارد. خشک کردن اسمزی به عنوان آبیگری جزئی از میوه‌ها و مواد دیگر از طریق فرآیند اسمز توصیف می‌شود که مستلزم غوطه‌ور نمودن نمونه‌ها برای یک دوره زمانی معین در یک محلول، که اغلب محلول قند با فعالیت آبی کمتر از ماده غذایی است (۳). در حین فرآیند دو جریان

ناهمسوی اصلی به طور همزمان رخ می‌دهد: جریان آب به سوی محلول اسمزی و مواد جامد محلول به طرف ماده غذایی می‌باشد. از آبیگری اسمزی برای تولید محصولات با رطوبت حد واسط استفاده می‌شود یا از این فرآیند می‌توان بعنوان یک پیش فرآیند برای فرآیندهای بعدی مانند خشک کردن یا انجماد استفاده کرد (۸).

سیلوا و همکاران^۱ (۲۰۱۱)، تاثیر آنزیم‌بری بر روی روند آبیگری اسمزی و خصوصیات فیزیکی کدو حلوائی (*cucurbita moschata*) را بررسی نمودند. متغیرهای مستقل برای آنزیم‌بری، دما، زمان آنزیم‌بری و زمان نگهداری بودند که اثرات مختلفی بر روی پاسخ مورد مطالعه (بافت و رنگ) نشان داده‌اند. آنزیم‌بری موجب تغییر رنگ کدو گردید در حالیکه آبیگری اسمزی تاثیر چندانی بر روی رنگ نداشت (۱۶). سريتونگاتا^۲ و همکاران (۲۰۱۱)، خشک کردن طالبی اسمز شده تحت تاثیر پلی‌ال‌ها^۳ را مطالعه نموده‌اند. نتایج نشان داد که تیمار با گلیسرول ۱۰ و ۱۵ درصد (وزنی/حجمی) بطور قابل توجهی جذب ماده جامد پایین‌تر و کاهش آب بالاتری را نسبت به نمونه شاهد نشان داد. افزایش غلظت پلی‌ال منجر به افزایش جذب ماده جامد و کاهش آب شد (۱۷). توکلی‌پور و همکاران (۲۰۰۸)، تأثیر پوشش‌دهی کربوکسی‌متیل سلولز را روی انتقال جرم، طی آبیگری اسمزی سیب و تأثیر این روش روی کیفیت محصول نهایی را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که انتشار پذیری موثر مواد جامد، به غلظت محلول‌های پوشش‌دهنده و نیز غلظت محلول اسمزی بستگی دارد (۱۹). گارسیا^۴ و همکاران (۲۰۰۷)، سینتیک خشک کردن اسمزی و خشک کردن هوای داغ را روی برش‌های کدو تنبل بررسی کردند. این محققین برش‌های کدو تنبل را در محلول اسمزی با غلظت ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد ساکارز در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد و در زمان‌های ۱/۵، ۱، ۲ و ۳ ساعت قرار دادند. پس از خروج از محلول اسمزی، نمونه‌ها را در خشک‌کن با دماهای ۵۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک کردند. آنها دریافتند که با افزایش غلظت محلول اسمزی، میزان ماده جامد نمونه‌ها افزایش می‌یابد. فرآیند اسمزی باعث کاهش زمان خشک کردن، کاهش حجم و افزایش دانسیته نمونه‌ها می‌گردد (۱۰). مختاریان و

¹ Silva et al

² Sritongtae

³ Poly ols

⁴ Garcia

۲-۲-۲- آبیگری اسمزی

در این پژوهش از محلول‌های ساکارز و سوربیتول با غلظت‌های متفاوت به عنوان محلول اسمزی استفاده گردید. غلظت محلول سوربیتول در کلیه آزمایشات ثابت و از لحاظ مقداری برابر با ۱۰٪ (وزنی/وزنی) بود که به صورت ترکیبی با غلظت‌های مختلف محلول ساکارز یعنی ۳۵٪، ۴۵٪ و ۵۵٪ جهت فرآیند آبیگری کدوی حلوایی مورد استفاده قرار گرفت. از سه دمای ۳۵، ۴۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد جهت آبیگری مورد استفاده قرار گرفت. نسبت محلول اسمزی به میوه ۱۰ به ۱ انتخاب گردید. آزمایش‌ها با اعمال شرایط متحرک یعنی هم زدن با میله شیشه‌ای، به فاصله زمانی نیم دور در ساعت انجام شد. قطعات کدوی حلوایی در محلول اسمزی غوطه‌ور و در فواصل زمانی ۳۰، ۱۰۵ و ۱۸۰ دقیقه قطعات از محلول خارج شده و سطح آن با آب مقطر دیونیزه شسته و بر روی یک کاغذ صافی (واتمن) جهت جذب شدن آب سطحی قرار گرفت، بعد از جذب سطحی آب، نمونه‌ها توزین گردید. دمای فرآیند آبیگری اسمزی توسط یک بن‌ماری (Nuve، مدل ۴۰۲BM، ساخت ترکیه) کنترل گردید. رطوبت قطعات به روش آون‌گذاری در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد (۳، ۱۳).

۲-۲-۳- محاسبه پارامترها و معادلات مربوطه

میزان اُفت وزن (WR)^۱، کاهش آب (WL)^۲، جذب مواد جامد (SG)^۳ و ضریب بهره‌وری (WL/SG) برش‌های کدوی حلوایی بر اساس توزین آنها در مراحل مختلف (قبل از آبیگری اسمزی، بعد از اسمز و بعد از خشک کردن در آون) از طریق معادلات زیر محاسبه گردید.

$$WL = \frac{(m_0 \times x_{w0}) - (m_t \times x_{wt})}{m_0} \quad (1)$$

$$SG = \frac{(m_t \times x_{st}) - (m_0 \times x_{s0})}{m_0} \quad (2)$$

$$WR = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \times 100 \quad (3)$$

$$Pr = \frac{WL}{SG} \quad (4)$$

m_0 : وزن اولیه برش کدو حلوایی

همکاران (۱۳۹۰)، فرآیند اسمزی کدو حلوایی در شرایط مختلف را پایش نموده‌اند. فرآیند اسمزی کدو حلوایی در سه سطح دمایی (۵، ۲۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد) و در غلظت‌های مختلف نمک طعام (۵، ۱۰، ۱۵٪ وزنی/وزنی) و غلظت ثابت ساکارز (۵۰ درصد وزنی/وزنی) انجام گرفت. نسبت محلول اسمزی به میوه ۱ به ۱۰ درصد وزنی/وزنی انتخاب گردید. مقادیر کاهش آب و جذب مواد جامد برای هر غلظت و دما در فواصل زمانی مختلف محاسبه گردید. با استفاده از مدل پیشنهادی آرزوارا و همکاران، مقادیر تعادلی حذف آب و جذب مواد جامد و همچنین شدت انتقال جرم محاسبه گردید. نتایج نشان داد که میزان کاهش آب و جذب مواد جامد با افزایش غلظت و دمای محلول اسمزی ارتباط مستقیم داشت به طوری که در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۱۵ درصد نمک طعام ماکزیمم کاهش آب و میزان جذب مواد جامد مشاهده گردید در حالیکه اختلاف آماری معنی‌داری با ۵۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۱۵ درصد نمک طعام مشاهده نشد (۳). هدف از این پژوهش بهینه‌سازی فرآیند آبیگری اسمزی کدوی حلوایی توسط محلول‌های دوگانه ساکارز و سوربیتول و تعیین نقاط بهینه عملیاتی می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

جهت انجام این پژوهش کدوی حلوایی رقم کوکوریپتا موشاتا (*cucurbita moschata* Duch) به عنوان ماده اولیه از باغ‌های شمال کشور واقع در استان مازندران، شهرستان ساری، تهیه شد. همچنین مواد شیمیایی مورد استفاده شامل ساکارز (دارای خلوص ۹۸/۵ درصد) و سوربیتول (دارای خلوص ۹۸/۵ درصد) بوده که ساخت شرکت مرک آلمان بود.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آماده‌سازی مواد اولیه

مراحل اولیه آماده‌سازی شامل شستشو، پوست‌گیری و برش زدن کدو حلوایی بود. پوست‌گیری بوسیله یک چاقوی تیز انجام گردید. سپس به کمک کاتر تیز و خط‌کش برش‌های کدو حلوایی در ضخامت ۵ میلی‌متر (۱۳، ۲۱) برش داده شدند.

¹ Weight Reduction (WR)

² Water Loss (WL)

³ Solid Gain (SG)

m_t : وزن برش کدو حلوائی پس از آبیگری

X_{w0} : رطوبت اولیه کدو حلوائی

X_{wt} : رطوبت نمونه بعد از آبیگری

X_{s0} : ماده خشک اولیه کدو حلوائی عبارت است از ($X_{s0} = 1 - X_{w0}$)

X_{st} : ماده خشک بعد از آبیگری عبارت است از ($X_{st} = 1 - X_{wt}$)

فقدان برازش را غیر معنادار نمود به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید.

جدول ۱- متغیرهای مستقل فرآیند آبیگری اسمزی کدوی حلوائی در دامنه مورد مطالعه.

متغیرها	مقادیر واقعی		
	پایین	حد واسط	بالا
دمای آبیگری (درجه سانتیگراد) (X_1)	۳۵	۴۵	۵۵
زمان آبیگری (دقیقه) (X_2)	۳۰	۱۰۵	۱۸۰
غلظت ساکارز (%) وزنی/حجمی (X_3)	۳۵	۴۵	۵۵

۲-۲-۴- بهینه سازی فرآیند آبیگری

جهت بهینه سازی فرآیند آبیگری اسمزی کدوی حلوائی از تکنیک روش شناسی سطح پاسخ^۱ استفاده گردید. به منظور بهینه سازی اثر دمای آبیگری، زمان آبیگری و غلظت ساکارز (لازم به ذکر است که غلظت سوربیتول در کلیه تیمارها ثابت و معادل ۱۰٪ فرض گردید) بر کاهش آب، جذب مواد جامد، اُفت وزن، ضریب بهره وری و محتوای رطوبت از روش سطح پاسخ استفاده گردید. در فرآیند بهینه سازی آبیگری اسمزی کدوی حلوائی دمای آبیگری (X_1) و زمان آبیگری (X_2) و غلظت ساکارز (X_3) به عنوان متغیرهای مستقل فرآیند انتخاب گردید در حالی که کاهش آب (Y_1)، جذب مواد جامد (Y_2)، اُفت وزن (Y_3)، ضریب بهره وری (Y_4) و محتوای رطوبت (Y_5) به عنوان متغیرهای پاسخ مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تجزیه تحلیل آماری از طرح مرکب مرکزی^۲ شامل ۲۰ آزمایش با ۵ تکرار در نقاط مرکزی، استفاده گردید. مقادیر واقعی متغیرهای مستقل مورد استفاده در این فرآیند در جدول ۱ نشان داده شده است. جهت آنالیز آماری داده ها از نرم افزار آماری Design Expert نسخه ۶/۰۱ استفاده گردید. داده های تجربی با کمک یک مدل چند جمله ای درجه دو برازش داده شد. این مدل به صورت زیر می باشد:

(۵)

$$Y_k = \beta_{k0} + \sum_{i=1}^3 \beta_{ki} X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{kii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{kij} X_i X_j + \epsilon_k$$

در این معادله β_{kn} ضرایب ثابت مدل و X_i متغیرهای مستقل مورد استفاده در فرآیند بهینه سازی می باشد. ارزیابی بهترین مدل به کمک تکنیک سطح پاسخ از طریق بررسی آزمون فقدان برازش و ضریب تبیین مدل مذکور بود. به طوری که مدلی که آزمون

۳- نتایج و بحث

در این مطالعه فرآیند بهینه سازی آبیگری اسمزی کدوی حلوائی مورد مطالعه قرار گرفت. مشخصات پارامترهای مورد استفاده به همراه مقادیر پاسخ بدست آمده جهت بهینه سازی فرآیند آبیگری اسمزی کدوی حلوائی در جدول ۲ ارائه شده است. در ادامه اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر هر پاسخ بصورت جداگانه تشریح شود.

۳-۱- کاهش آب

نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ مرکب مرکزی همراه با مقادیر F هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثرات خطی (X_2) و درجه دوم (X_2^2) پارامترهای زمان آبیگری و غلظت محلول اسمزی تاثیر معناداری روی کاهش آب کدوی حلوائی طی آبیگری اسمزی داشت (جدول ۳). بررسی مقادیر F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، پارامتر زمان آبیگری با مقدار $F = ۳۸/۰۵$ بیشترین تاثیر را بر کاهش آب کدوی حلوائی طی آبیگری اسمزی داشت، در ادامه به ترتیب پارامترهای درجه دوم زمان آبیگری (X_2^2) و غلظت محلول اسمزی با مقادیر F برابر ۲۹/۴۰ و ۶/۴۵، به عنوان پارامترهای مؤثر در فرآیند آبیگری اسمزی کدوی حلوائی محسوب شدند. نتایج نشان داد که افزایش زمان آبیگری سبب افزایش پارامتر کاهش آب کدوی حلوائی گردید. افزایش زمان آبیگری از ۳۰ به ۱۲۰ دقیقه در یک

¹ Response surface methodology (RSM)

² Central Composite design (CCD)

جدول ۲- کلیه آزمایشات فرآیند آبیگری اسمزی کدوی حلوایی.

شماره آزمون	متغیرهای مستقل			پاسخ‌ها		
	X ₁	X ₂	X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃
۱	۴۵	۱۰۵	۴۵	۰/۴۱۸۲	۰/۱۱۸۳	۰/۲۹۹۸
۲	۴۵	۱۰۵	۴۵	۰/۳۷۰۸	۰/۱۱۴۵	۰/۲۵۶۲
۳	۴۵	۱۰۵	۴۵	۰/۵۱۲۸	۰/۱۰۹۹	۰/۴۰۲۸
۴	۳۵	۱۰۵	۴۵	۰/۲۸۴۱	۰/۰۹۵۰	۰/۱۸۹۱
۵	۵۵	۱۸۰	۳۵	۰/۲۵۳۵	۰/۱۲۰۶	۰/۱۳۲۸
۶	۵۵	۱۰۵	۴۵	۰/۳۲۷۲	۰/۰۶۳۳	۰/۲۶۳۹
۷	۴۵	۱۰۵	۴۵	۰/۳۸۲۳	۰/۱۲۹۵	۰/۲۵۲۸
۸	۳۵	۱۸۰	۵۵	۰/۳۴۰۹	۰/۰۹۹۵	۰/۲۴۱۳
۹	۴۵	۱۸۰	۴۵	۰/۳۸۹۴	۰/۱۳۳۶	۰/۲۵۵۸
۱۰	۳۵	۳۰	۵۵	۰/۱۵۸۳	۰/۰۶۵۲	۰/۰۹۳۰
۱۱	۵۵	۳۰	۳۵	۰/۱۲۱۵	۰/۰۵۸۰	۰/۰۶۳۵
۱۲	۵۵	۱۸۰	۵۵	۰/۴۷۳۱	۰/۱۲۲۸	۰/۳۵۰۳
۱۳	۳۵	۳۰	۳۵	۰/۱۱۲۸	۰/۰۵۹۸	۰/۰۵۳۰
۱۴	۴۵	۱۰۵	۴۵	۰/۳۹۴۶	۰/۱۶۶۲	۰/۲۲۸۴
۱۵	۴۵	۱۰۵	۴۵	۰/۳۴۳۴	۰/۱۱۵۹	۰/۲۲۷۴
۱۶	۴۵	۱۰۵	۳۵	۰/۳۴۵۳	۰/۱۱۲۸	۰/۲۳۲۵
۱۷	۵۵	۳۰	۵۵	۰/۱۷۵۴	۰/۰۵۹۴	۰/۱۱۶۰
۱۸	۳۵	۱۸۰	۳۵	۰/۳۳۸۶	۰/۱۱۷۵	۰/۲۲۱۱
۱۹	۴۵	۳۰	۴۵	۰/۱۱۱۳	۰/۰۴۹۴	۰/۰۶۱۸
۲۰	۴۵	۱۰۵	۵۵	۰/۴۸۳۷	۰/۰۱۶۶	۰/۳۱۷۰

محلول اسمزی بیشتر باشد، نیروی محرکه انتقال جرم میان نمونه و محلول اسمزی افزایش یافته و در نتیجه میزان اتلاف آب افزایش بیشتری نشان می‌دهد. نتایج پژوهش‌های علاء الدینی و امام جمعه (۲۰۰۴)، راستوگی و راگوارا^۱ (۲۰۰۴)، کروز و براچو^۲ (۲۰۰۶)، رحیم زاده خوبی و حصاری (۲۰۰۷)، سوتارو و گوپتا^۳ (۲۰۰۷)، جلائی و همکاران (۲۰۱۰) و ابراهیم رضاگانه و همکاران (۱۳۸۸ش) تأیید کننده این مطلب است (۱، ۴، ۵، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۸). با افزایش غلظت محلول اسمزی، فشار اسمزی و اختلاف غلظت بین کدو حلوایی و محلول اسمزی افزایش می‌یابد. راستوگی و راگوارا (۲۰۰۴) اختلاف فشار اسمزی را نیروی محرکه انتقال جرم برای دفع رطوبت و اختلاف غلظت را نیروی

غلظت محلول اسمزی ثابت (w/v %۴۵) سبب افزایش پارامتر کاهش آب کدوی حلوایی از (g/100 g initial sample) ۰/۱۳۰۶۹ به (g/100 g initial sample) ۰/۴ گردید (شکل ۱). همانطور که از نمودار پیداست اثر درجه دوم مدل (X₂²)، سبب حالت انحنای منحنی سه بعدی شده است. به طوری که در زمان آبیگری ۱۳۰ دقیقه در کلیه غلظت‌ها منحنی سه بعدی حالت ماکزیمم داشته و با کاهش غلظت از ۵۵ به ۳۵ درصد وزنی/حجمی، نقطه اوج منحنی درجه دوم کاهش می‌یابد. همچنین در رابطه با تاثیر غلظت محلول اسمزی در روند کاهش آب کدوی حلوایی، روند صعودی مشاهده گردید. به طوری که در یک زمان آبیگری ثابت (۱۲۰ دقیقه) افزایش غلظت محلول اسمزی از ۴۰ به ۵۵ (w/v %) سبب افزایش کاهش آب کدوی حلوایی از (g/100 g initial sample) ۰/۳۶۵۵۷۴ به (g/100 g initial sample) ۰/۴۴۲۲۵۸ گردید (شکل ۱). هرچه غلظت

¹ Rastogi & Raghavarao

² Corzo and Bracho

³ Sutar and Gupta

زمان آنگیری از ۶۰ دقیقه به ۱۷۰ دقیقه در یک دمای محلول اسمزی ثابت ۴۵ درجه سانتی گراد، سبب افزایش میزان جذب مواد جامد کدوی حلوایی از (g/100 g initial sample) ۰/۱ به (g/100 g initial sample) ۰/۱۴ گردید. در رابطه با اثر درجه دوم مدل (X_1^2)، همانطور که مشاهده می گردد، سبب حالت انحنای در منحنی سه بعدی شده است. به طوری که در دمای محلول اسمزی ۴۵ درجه سانتیگراد در کلیه زمان های آنگیری منحنی سه بعدی حالت ماکزیمم داشته و با کاهش زمان آنگیری از ۱۸۰ به ۳۰ درجه سانتیگراد، نقطه اوج منحنی درجه دوم کاهش می یابد. انجام فرآیندهای اسمزی در دماهای بالاتر موجب تغییر در نفوذپذیری^۲ دیواره سلولی می شود. در نتیجه نفوذپذیری بافت در برابر خروج رطوبت و ورود محلول اسمزی افزایش می یابد (۷). از طرف دیگر افزایش دما منجر به کاهش ویسکوزیته ی محلول اسمزی شده که این وضعیت منجر به افزایش سرعت انتشار جذب مواد جامد به نمونه می گردد (۶، ۹). افزایش دما سبب کاهش ویسکوزیته محلول اسمزی شده و مقاومت خارجی انتقال جرم را کاهش می دهد و انتقال آب و مواد جامد را آسان می سازد (۱۲). همچنین گفته شده است که افزایش دما سبب افزایش قابلیت نفوذپذیری غشا شده و موجب تورم و پلاسیدگی غشاء سلولی می گردد (ارن و ارتکین، ۲۰۰۷). این پدیده به دلیل تأثیر دما روی کاهش ویسکوزیته ی محلول اسمزی و تخریب غشاء سلولی نمونه می باشد. به علاوه لازم به توضیح است که انتشار یک پدیده وابسته به دما است و دمای بالاتر موجب انتشار سریع تر آب در ماده ی غذایی می شود و همچنین به علت کم تر شدن ویسکوزیته ی محلول اسمزی در دمای بالاتر، انتقال جرم در سطح ماده ی غذایی بهتر صورت می گیرد (۲).

۳-۳-۳- افت وزن

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود، اثرات خطی (X_2 و X_3) و عبارت درجه دوم مدل (یعنی X_2^2) مدل سطح پاسخ بر میزان افت وزن کدوی حلوایی طی آنگیری اسمزی معنادار گردید. بررسی مقادیر F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، پارامتر زمان آنگیری با مقدار ($F = 24/94$) بیشترین تاثیر را بر میزان افت وزن کدوی حلوایی طی آنگیری اسمزی داشت، در ادامه پارامتر عبارت درجه دوم زمان آنگیری با مقادیر F برابر

محركه انتقال جرم برای جذب ساکارز اعلام کردند. به این ترتیب با افزایش غلظت محلول اسمزی، هم زمان با دفع رطوبت از کدو حلوایی، مقدار ساکارز بیشتری به درون بافت کدو حلوایی نفوذ می کند. تقریباً و اسپایر^۱ (۲۰۰۷) گزارش نمودند که با افزایش غلظت محلول اسمزی، اختلاف فشار اسمزی در مدت زمان بیشتری حفظ شده و در نتیجه انتقال جرم بهتر، و کاهش آب افزایش می یابد (۲۰). همچنین هرچه غلظت محلول اسمزی بیشتر باشد، رطوبت موجود در بافت با سهولت بیشتری از بافت خارج می شود. بنابراین هرچه غلظت محلول اسمزی به کار رفته بیشتر باشد، مقدار رطوبت نهایی کمتر و درصد دفع آب از بافت بیشتر خواهد بود (۱). از طرف دیگر افزایش غلظت محلول اسمزی سبب کاهش فعالیت آبی و افزایش نیروی محرکه لازم برای خروج آب از نمونه می گردد که این امر منجر به افزایش کاهش آب نمونه گردید (۷).

۳-۲- جذب مواد جامد

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثرات خطی (X_1 و X_2) و درجه دوم (X_1^2) پارامترهای زمان آنگیری و دمای محلول اسمزی تاثیر معناداری روی جذب مواد جامد کدوی حلوایی طی آنگیری اسمزی داشت (جدول ۳). بررسی مقادیر F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، پارامتر زمان آنگیری با مقدار ($F = 19/41$) بیشترین تاثیر را بر میزان جذب مواد جامد کدوی حلوایی طی آنگیری اسمزی داشت، در ادامه پارامترهای اثر درجه دوم دمای محلول اسمزی (X_1^2) و اثر خطی دمای محلول اسمزی (X_1) با مقادیر F برابر ۱۳/۴۴ و ۰/۳۶ به عنوان پارامتر مؤثر بر میزان جذب مواد جامد کدوی حلوایی طی آنگیری اسمزی محسوب گردید (جدول ۳). نتایج نشان داد که افزایش دما و زمان آنگیری، سبب افزایش میزان جذب مواد جامد کدوی حلوایی گردید. همانطور که در نمودار سه بعدی نشان داده شده است (شکل ۱)، افزایش دمای محلول اسمزی از ۳۵ به ۴۵ درجه سانتی گراد (در یک زمان آنگیری ثابت ۱۳۵ دقیقه) سبب افزایش میزان جذب مواد جامد کدوی حلوایی از (g/100 g initial sample) ۰/۱ به (g/100 g initial sample) ۰/۱۲۹۹ گردید که با توجه به مطالعات سایر محققین نتیجه ای قابل انتظار است (۴، ۵، ۱۴، ۱۵، ۱۸). به طور مشابه در مورد زمان آنگیری، افزایش

² Permeability

¹ Togrul and spir

به عنوان مثال در یک غلظت محلول اسمزی ثابت (۴۵٪ w/v) افزایش دمای محلول آبیگری از ۳۵ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد کدوی حلوایی از ۳/۵ تا ۳/۳۱۷۸ گردید (این پارامتر بدون بُعد می‌باشد). همچنین نتایج متضاد با این حالت در دمای ۴۸ تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. به طوری که افزایش دمای محلول آبیگری سبب افزایش نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد کدوی حلوایی از ۳/۴ تا ۴/۵ گردید. همچنین با ثابت فرض نمودن دمای محلول اسمزی، تاثیر افزایش غلظت محلول اسمزی بر میزان نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد کدوی حلوایی، کاملاً نسبی بود. به طوری که در دامنه‌ی دمایی ۳۸ تا ۴۶ درجه سانتی‌گراد، افزایش غلظت محلول اسمزی از ۳۹ تا ۵۵ (w/v٪)، میزان نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد از ۳/۳۰ تا ۳/۱۸ کاهش یافت.

۳-۵- محتوای رطوبت

همانطور که در جدول ۳، مشاهده می‌گردد، کلیه اثرات خطی (X_1 ، X_2 و X_3) و عبارات درجه دوم مدلی (یعنی X_1^2 ، X_2^2 و X_3^2) بر تغییرات محتوای رطوبت کدوی حلوایی طی آبیگری اسمزی معنادار گردید. بررسی مقادیر F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، پارامتر زمان آبیگری با مقدار ($F=91/78$) بیشترین تاثیر را بر محتوای رطوبت داشت. در ادامه پارامترهای غلظت محلول اسمزی و دمای محلول اسمزی با مقادیر F برابر $4/33$ و $2/651 \times 10^{-3}$ ، به عنوان سایر پارامتر مؤثر بر تغییرات محتوای رطوبت کدوی حلوایی محسوب شدند (جدول ۳). به طور کلی با توجه به شکل سه بعدی مشخص گردید که منحنی تغییرات محتوای رطوبت به صورت مینیمم بوده، به عبارت دیگر تغییرات محتوای رطوبت طی آبیگری از یک روند نزولی تبعیت می‌نماید.

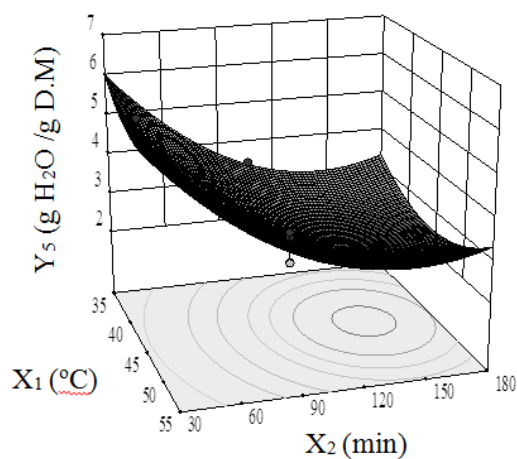
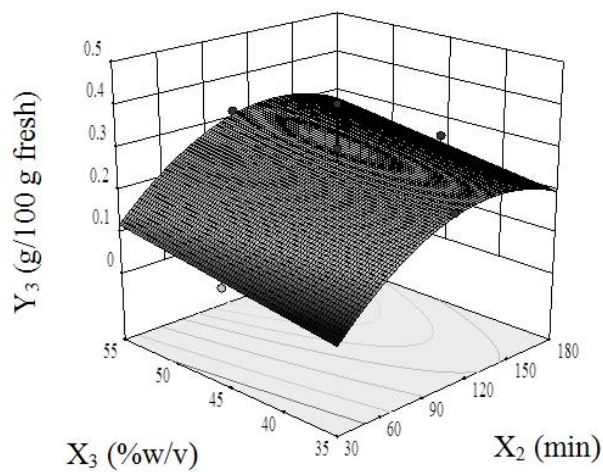
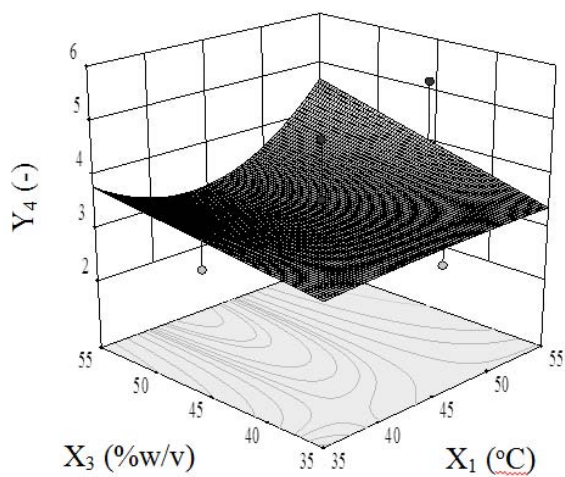
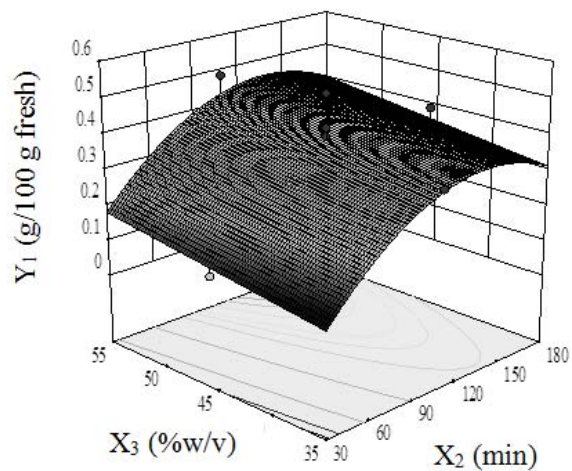
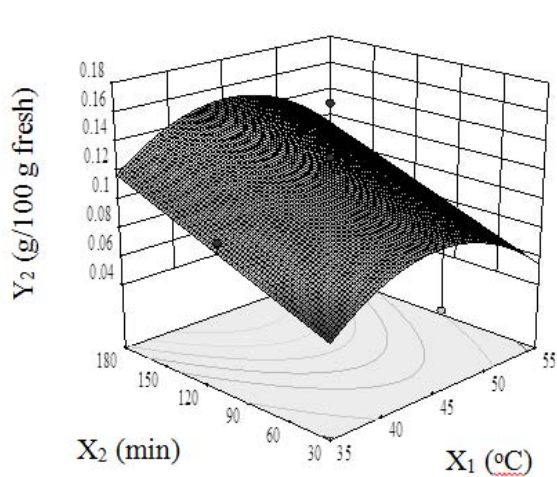
نتایج تاثیر دمای محلول اسمزی بر محتوای رطوبت نشان داد که افزایش دمای محلول اسمزی سبب کاهش محتوای رطوبت نمونه گردید. افزایش دمای محلول اسمزی موجب متورم شدن نمونه شده که این امر منجر به انتشار هر چه بیشتر آب به بیرون از محلول اسمزی می‌گردد (۷، ۹).

۲۲/۰۱، به عنوان پارامتر مؤثر بر میزان آفت وزن کدوی حلوایی محسوب گردید (جدول ۳). همانطور که در شکل ۱ مشخص است، اثر درجه دوم مدلی (X_2^2)، سبب حالت انحنای منحنی شده است. به طوری که در زمان آبیگری ۱۳۰ دقیقه در کلیه غلظت‌ها منحنی سه بعدی حالت ماکزیمم داشته و با کاهش غلظت از ۵۵ به ۳۵ درصد وزنی/حجمی، نقطه اوج منحنی درجه دوم کاهش می‌یابد. به علاوه نتایج نشان داد که، در یک زمان آبیگری ثابت (زمان ۱۴۰ دقیقه) افزایش غلظت محلول اسمزی از ۳۵ به ۵۰ (٪) (w/v)، سبب افزایش میزان آفت وزن کدوی حلوایی از (g/100 g initial sample) ۰/۲۳۹۹ به (g/100 g initial sample) ۰/۳۱۵۸ گردید.

۳-۴- نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد (ضریب بهره‌وری)

همانطور که در جدول ۳، مشاهده می‌شود، کلیه اثرات خطی (X_1 ، X_2 و X_3)، اثرات متقابل (یعنی X_1X_3)، برخی از عبارات درجه دوم (یعنی X_1^2 و X_2^2) و برخی از عبارات درجه دوم اثرات متقابل (یعنی $X_1^2X_3$) مدل بر میزان نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد کدوی حلوایی طی آبیگری اسمزی معنادار گردید. بررسی مقادیر F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، پارامتر زمان آبیگری با مقدار ($F=2/68$) بیشترین تاثیر را بر میزان نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد کدوی حلوایی طی آبیگری اسمزی داشت. همچنین در بین عبارات درجه دوم مدل به ترتیب پارامترهای زمان آبیگری و دمای محلول اسمزی با مقادیر F برابر ۶/۷۹ و ۱/۶۵، به عنوان پارامترهای مؤثر بر میزان نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد کدوی حلوایی طی آبیگری اسمزی محسوب شد (جدول ۳). به طوری که بین عبارات درجه دوم، از لحاظ مقدار F، رابطه $X_1^2 < X_2^2$ برقرار بود.

شکل (۱)، نمایش نمودار سه بعدی اثر همزمان دو متغیر دمای محلول اسمزی و غلظت محلول اسمزی بر میزان نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد کدوی حلوایی طی آبیگری اسمزی را نشان می‌دهد. همانطور که از نمودار پیداست اثرات درجه دوم مدلی، سبب حالت انحنای منحنی سه بعدی گردید. نتایج نشان داد که افزایش دمای محلول اسمزی به طور نسبی سبب افزایش میزان نسبت کاهش آب به جذب مواد جامد کدوی حلوایی شد.



شکل ۱- نمودارهای سه بعدی پارامترهای انتقال جرم کدوی حلوایی.

جدول ۳- نتايج آناليز واريانس مدل سطح پاسخ بر روی ویژگی‌های انتقال جرم کدوی حلوايي طی آبيگيري اسمزی.

مقادير F					منبع
F _{MC}	F _{Pro}	F _{WR}	F _{SG}	F _{WL}	
۲۶/۳۴**	۲/۱۷ ^{n.s}	۱۷/۸۱**	۱۰/۹۶**	۲۴/۶۴**	مدل
$2/651 \times 10^{-3}$	۱/۳۸	-	۰/۰۳۶	-	X ₁
۹۱/۷۸	۲/۶۸	۲۴/۹۴	۱۹/۴۱	۳۸/۰۵	X ₂
۴/۳۳	۰/۰۲۷	۶/۴۸	-	۶/۴۵	X ₃
-	۰/۶۲	-	-	-	X ₁ X ₃
۹/۵۵	۱/۶۵	-	۱۳/۴۴	-	X ₁ ²
۲۲/۹۵	۶/۷۹	۲۲/۰۱	-	۲۹/۴۰	X ₂ ²
۵/۰۶	-	-	-	-	X ₃ ²
-	۰/۹۹	-	-	-	X ₁ ² X ₃
۲/۴۳ ^{n.s}	۰/۶۳ ^{n.s}	۰/۴۲ ^{n.s}	۱/۱۲ ^{n.s}	۰/۹۲ ^{n.s}	آزمون فقدان برازش
۱۳/۱۵	۲۲/۷	۲۴/۲۰	۲۰/۸۷	۱۸/۰۶	ضريب همبستگی (C.V)
۰/۹۲۴۰	۰/۵۵۹۲	۰/۷۶۹۶	۰/۶۷۲۷	۰/۸۲۲۰	R ²
۰/۴۴	۰/۶۹	۰/۰۵۲	۰/۰۲۲	۰/۰۵۷	SD

X₁: دمای محلول اسمزی، X₂: زمان آبيگيري، X₃: غلظت محلول اسمزی.

***: معنی دار در سطح احتمال ۹۹٪، *: معنی دار در سطح احتمال ۹۵٪، n.s: غير معنی دار.

جدول ۴- مقادير ضرايب مدل پيش بينی ارائه شده برای پاسخ‌های مورد مطالعه.

معادله مدل	پاسخ
Y_1 (g/100 g fresh) = -0.24 + 6.6×E-03 x ₂ + 4.6×E-03 x ₃ - 2.4×E-05 x ₂ ²	کاهش آب
Y_2 (g/100 g fresh) = -0.635 + 0.0318 x ₁ + 4.03E-04 x ₂ - 3.5E-04 x ₁ ²	جذب مواد جامد
Y_3 (g/100 g fresh) = -0.245 + 5.12E-03 x ₂ + 4.14E-03 x ₃ - 1.9E-05 x ₂ ²	أفت وزن
Y_4 (-) = -35.4 + 1.7 x ₁ + 0.04 x ₂ + 1.0 x ₃ - 0.04 x ₁ x ₃ - 0.01 x ₁ ² - 1.7 x ₂ ² + 5.4E-4 x ₁ ² x ₃	ضريب بهره‌وری
Y_5 (g H ₂ O/g D.M) = +12.7 - 0.7 x ₁ - 0.06 x ₂ + 0.5 x ₃ + 8.1E-3 x ₁ ² + 2.2E-4 x ₂ ² - 5.9E-3 x ₃ ²	محتوای رطوبت

در جدول ۴ مدل‌های بدست آمده برای پيش بينی پارامترهای آبيگيري اسمزی کدوی حلوايي نشان داده شده است.

۳-۲- بهينه‌سازی فرآيند

با توجه به آزمون‌ها و آناليزهای انجام شده در پايان بايستی نقاط بهينه فرآيند آبيگيري اسمزی کدوی حلوايي تعيين گردد. نقطه بهينه نقطه‌ای است که در آن روند آبيگيري اسمزی در شرايط ايده‌آل بوده و تقريباً تمام فاکتورهای مورد بررسی در شرايط مطلوب می‌باشد. جهت تعيين شرايط بهينه، ابتدا قيود مربوطه در سه حالت تعيين گرديد (جدول ۵). سپس مقادير پاسخ‌ها در اين شرايط محاسبه گرديد.

هدف از تعيين شروط و قيود در بهينه‌سازی، رسيدن به مطلوب‌ترين حالت هم از دیدگاه اقتصادی و هم از دیدگاه فرآوری می‌باشد. بنابراین با توجه به اینکه از دیدگاه اقتصادی فرآيند آبيگيري اسمزی نقش مهمی در تعيين قيمت تمام شده محصول و ايجاد بازار هدف دارد بنابراین با در نظر گرفتن کیفیت محصول توليد پارامترهای دمای محلول اسمزی، غلظت محلول اسمزی و زمان آبيگيري بهينه گرديد. اين پارامترهای نقش کلیدی در فرآوری محصولات توليد شده به روش آبيگيري اسمزی داشته، بدین صورت که رساندن دما محلول اسمزی به دمای مورد نیاز با صرف انرژی همراه می‌باشد. همچنین غلظت و نوع محلول

جدول ۵- قیود تعیین شده برای بهینه‌سازی فرآیند آبگیری اسمزی کدوی حلوایی.

MC	WR	WL/SG	SG	WL	زمان آبگیری	غلظت محلول	دمای محلول	قید
کمترین	بیشترین	بیشترین	کمترین	بیشترین	دامنه تعریف	دامنه تعریف	دامنه تعریف	۱
کمترین	بیشترین	بیشترین	کمترین	بیشترین	کمترین	دامنه تعریف	کمترین	۲
کمترین	بیشترین	بیشترین	کمترین	بیشترین	کمترین	کمترین	کمترین	۳

زمان آبگیری از ۳۰ به ۱۲۰ دقیقه در یک غلظت محلول اسمزی ثابت (۴۵٪ w/v) سبب افزایش کاهش آب از (g/100 g initial sample) ۰/۱۳۰۶۹ به (g/100 g initial sample) ۰/۴ گردید. در مورد جذب مواد جامد نمونه کدوی حلوایی، افزایش دمای محلول اسمزی از ۳۵ به ۴۵ درجه سانتی‌گراد (در یک زمان آبگیری ثابت ۱۳۵ دقیقه) سبب افزایش میزان جذب مواد جامد کدوی حلوایی از (g/100 g initial sample) ۰/۱ به (g initial sample) ۰/۱۲۹۹ گردید. همچنین در مورد زمان آبگیری، افزایش زمان آبگیری از ۶۰ دقیقه به ۱۷۰ دقیقه در یک دمای محلول اسمزی ثابت ۴۵ درجه سانتی‌گراد، سبب افزایش میزان جذب مواد جامد کدوی حلوایی از (g/100 g initial sample) ۰/۱۴ گردید. به علاوه نتایج نشان داد که، در یک زمان آبگیری ثابت (زمان ۱۴۰ دقیقه) افزایش غلظت محلول اسمزی از ۳۵ به ۵۰ (w/v)، سبب افزایش میزان اُفت وزن کدوی حلوایی از (g/100 g initial sample) ۰/۲۳۹۹ به (g/100 g initial sample) ۰/۳۱۵۸ گردید.

۵- منابع

۱- ابراهیم رضاگاه، م. کاشانی نژاد، م. میرزایی، ح. خمیری، م. ۱۳۸۸. تاثیر دما، غلظت محلول اسمزی و نسبت وزنی برسیتیک خشک کردن اسمزی قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران، جلد شانزدهم، ویژه نامه ۱- الف.

۲- جعفرزاده، ف. ۱۳۹۲. بررسی پارامترهای موثر در خشک کردن کدو حلوایی به روش مایکروویو با استفاده از پیش تیمار اسمزی (ساکارز، سوربیتول). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی - واحد آیت الله املی.

اسمزی نیز در هزینه تمام شده مؤثر است و نهایتاً زمان نیز که در راندمان فرآوری نقش تعیین کننده‌ای ایفا می‌نماید. لازم به توضیح است، این پارامترها تا اندازه‌ای که سبب تخریب محصول تولید نگردد مجاز به کاهش یا افزایش می‌باشد. ضمناً این شرایط در مورد کلیه محصولات غذایی و کشاورزی صادق نیست و در هر مورد بایستی این فرآیند بررسی گردد. با در نظر گرفتن قیود فوق (جدول ۵) نقاط بهینه فرآیند آبگیری اسمزی کدوی حلوایی مطابق جدول ۶ تعیین گردید.

جدول ۶- نقاط بهینه فرآیند آبگیری اسمزی کدوی حلوایی.

پارامترهای آبگیری اسمزی	قیود		
	۱	۲	۳
دمای محلول اسمزی (°C)	۵۵	۳۵	۳۵
غلظت محلول اسمزی (w/v)	۵۵	۵۵	۳۵
زمان آبگیری (دقیقه)	۱۱۶/۹۴	۹۹/۵۰	۱۰۵/۷۲
کاهش آب (g/100 g fresh)	۰/۴۴۶۵	۰/۴۲۳۳	۰/۳۴۱۳
جذب مواد جامد (g/100 g fresh)	۰/۰۸۹۶	۰/۰۸۵۲	۰/۰۸۷۷
نسبت WL/SG (بدون بُعد)	۴/۷۱۲	۳/۷۶۲	۳/۲۵۶۰
اُفت وزن (g/100 g fresh)	۰/۳۱۸۷	۰/۳۰۱۹	۰/۲۲۶۳
محتوای رطوبت (g water/g D.M)	۲/۳۴۰۴	۲/۶۳۸۷	۳/۰۹۹۴
مطلوبیت	۰/۷۷۲	۰/۷۰۹	۰/۶۳۷

۴- نتیجه گیری

استفاده از پیش فرآیندهای مختلف قبل از خشک کردن محصولات سبب بهبود کیفیت محصولات تولیدی می‌گردد. لذا پایش صحیح و کنترل دقیق پیش فرآیند نقش مضاعفی را در کیفیت نهایی محصول و تولید محصول با هزینه تمام شده مناسب به همراه دارد. در این پژوهش فرآیند آبگیری اسمزی کدوی حلوایی توسط محلول‌های دوگانه ساکارز و سوربیتول مورد بررسی و نقاط بهینه تعیین گردید. نتایج نشان داد که افزایش زمان آبگیری سبب افزایش کاهش آب کدوی حلوایی گردید. افزایش

configuration. LWT- Food science and technology, 37:43-47.

16- Silva. K. Caetano. L. Garcia. C. Romero. J. Santos. A. and Mauro. M. 2011. Osmotic dehydration process for low temperature blanched pumpkin, Food Engineering .105, 56-64.

17- Sritongtae, B. Mahawanich, T. and Duangmal, K. 2011. Faculty of Science, Department of Food Technology, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 29:5, 527-535.

18- Sutar, P. P. and Gupta, D. K. 2007. Mathematical modeling of mass transfer in Osmotic dehydration of onion slice. Food Engineering, 78:90-97.

19- Tavakolipour, H. Fatemian, H. and Jalae, F. 2008. Studying of Edible coating application on productivity ratio in Osmotic dehydration on process of apple rings, 16th International Drying symposium. p.p. 1309-1312.

20- Togrul, I. and Ispir, A. 2007. Effect on effective diffusion coefficients and investigation of shrinkage during osmotic dehydration of apricot. Energy Conversion and Management, 48: 2611-2621.

21- Toyosi Y. Tunde-Akintunde, Grace O. Ogunlakin., 2011. Influence of drying conditions on the effective moisture diffusivity and energy requirements during the drying of pretreated and untreated pumpkin. Energy Conversion and Management, 52, 1107-1113.

22- USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2004. Nutritional Value of Pumpkin and Winter Squash. Release 17.

۳- مختاریان، م. شفافی زنونزیان، م. کوشکی، ف. سلامی‌نیا، م.

۱۳۹۰. پایش فرآیند اسمزی کدو حلوایی در شرایط مختلف.

مجله علمی پژوهشی علوم و صنایع غذایی، ۴(۲): ۳۵-۲۵.

4- Allaeddini, B. and Emam-Djomeh, Z. 2004. Formulation and Quality Improvement of Dried kiwifruit slices using an Osmotic pre-treatment. Proceeding of the 14th International Drying symposium, Vol. C, p.p. 2127-2132.

5- Corzo, O. and Bracho, N. 2006. Application of peley model to study mass transfer during osmotic dehydration of sardine sheets. Food Engineering, 75: 535-541.

6- El-Aouar, A. A. Azoubel, P. M. Barbosa, J. L. and Murr, F. E. X. 2006. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (Carica papaya L.). Food Engineering, 75: 267-274.

7- Eren, I. and Kaymak-Ertekin, F. 2007. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. Food Engineering, 79: 344-352.

8- Ertekin, F. K. and Cakaloz, T. 1996. Osmotic dehydration of peas: II influence of osmotic on drying behavior and product quality. Food Processing and Preservation, 20: 105-119.

9- Fernandes, F. A. N. Gallao, M. I. and Rodrigues, S. 2008. Effect of Osmosis and Ultrasound ON Pineapple cell tissue structure during dehydration, 16th International Drying Symposium, p.p. 965-970.

10- Garcia, C. C. et al. 2007. Kinetics of Osmotic dehydration & air drying of pumpkin (curcubitaMoshata). International Journal of Food Engineering. 82: 284-291.

11- Jalae, F. Fazeli, A. Fatemian, H. and Tavakolipour, H. 2010. Mass transfer coefficient and the characteristics of coated apples in Osmotic dehydration, Food and Bioproducts Processing, 196.

12- Lertworasirikul, S. and Saetan, S., 2010. Artificial neural network modeling of mass transfer during osmotic dehydration of kaffir lime peel. Food Engineering, 98: 214-223.

13- Mokhtarian, M. Koushki, F. and Koushki, Z., 2012. Modeling of drying kinetic of pumpkin: classical modeling. The Middle East Drying Conference (MEDC2012). Mahshahr, Iran

14- Rahim zade Khoyi, M. and Hesari, J. 2007. Osmotic dehydration Kinetics of apricot using sucrose solution. Food Engineering, 78: 1355-1360.

15- Rastogi, N. K. and Raghavarao, K. S. M. S. 2004. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: Fickian diffusion in cubical