# تاثیر پوشش‌های مرکب و فعال بر پایه کربوکسی متیل سلولز- پکتین حاوی اسیدآسکوربیک بر کارایی آبگیری اسمزی میوه"به"

**بابک قنبرزاده[1*]، مینا اکبریان[2]، محمود صوتی خیابانی[3]، جلال دهقان‌نیا[3]**

[1] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
[2] دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
[3] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۱

## چکیده

در سال‌های اخیر، پوشش‌های خوراکی کاربردهای زیادی در بهبود فرایند و نگهداری مواد غذایی پیدا کرده‌اند. استفاده از آن‌ها به‌عنوان پیش‌فرایند آبگیری اسمزی، راه‌حل مناسبی برای کاهش میزان نفوذ مواد جامد محلول به بافت ماده‌غذایی است. در این تحقیق، بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش‌های خوراکی مرکب و فعال به عنوان پیش‌تیمار در فرآیند آبگیری اسمزی میوهٔ به توسط روش سطح پاسخ (RSM) بررسی شد. برای این منظور، طرح مرکب مرکزی با سه متغیر مستقل (غلظت‌های پکتین، کربوکسی متیل سلولز و اسید آسکوربیک)، با سه تکرار و ۱۸ تیمار استفاده شد و ضریب کارایی اسمز و میزان آبگیری (WL) به عنوان پاسخ‌های مدل در نظر گرفته شد. برای آبگیری اسمزی، از محلول اسمزی شامل فروکتوز ۵۰٪، کلریدکلسیم۵ ٪ و اسیدسیتریک ۳٪ (وزنی/حجمی) استفاده گردید. بر اساس حداکثر ضریب کارایی اسمز، محلول پوشش دهنده حاوی غلظت ۱/۴۸٪ کربوکسی متیل سلولز، ۱/۴۸٪ پکتین و ۰/۵۸٪ اسید آسکوربیک به عنوان بهترین محلول پوشش‌دهنده توسط مدل RSM تعیین شد.

**واژه‌های کلیدی:** پوشش‌های خوراکی، پلی ساکارید، فرایند اسمز، طرح مرکب مرکزی، بهینه سازی، میوه‌ی به.

* مسوول مکاتبه: ghanbarzadeh@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir
Archive of SID

**۱- مقدمه**

میوه‌ی "بِه" با نام علمی سیدونیا اوبلانگا[1]، از میوه‌های رایج در کشور ایران بوده و از خانواده سیب می‌باشد، دارای گوشت خشک و کرکی است که طعمی ترش و تقریباً گس دارد و برای تازه خوری و همچنین تولید کمپوت مربا و مارمالاد بکار می‌رود. همچنین بِه خشک شده در برخی از غذاهای سنتی ایرانی مانند آبگوشت، تاس‌کباب، خورش بِه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۵). پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از مواد با منشا حیوانی یا گیاهی هستند که از طریق غوطه‌وری، پاشیدن (اسپری کردن) و غلطاندن، برسطح ماده غذایی تشکیل شده و ماده‌غذایی را در برابر انتقال گازها (اکسیژن و دی اکسید کربن)، بخارآب، مواد جامد محلول و ضربات مکانیکی محافظت می‌کنند و همچنین در مواردی ظاهر محصول را بهبود می‌بخشند و باعث درخشان شدن آن می‌شوند(۷).

ترکیبات پایه سازنده پوشش‌ها را می‌توان به انواع پلی ساکاریدها، پروتئین‌ها، لیپیدها ویا ترکیبی از آن‌ها تقسیم کرد. کربوکسی متیل سلولز از جمله پلی‌ساکاریدهای مهم و ارزان قیمت است که از طریق واکنش سلولز با هیدروکسیدسدیم و اسیدکلرواستیک تولید می‌شود، محلول در آب بوده و پس از حل شدن حالتی کاملاً شفاف پیدا می‌کند و فیلم‌های شفاف و مقاوم از نظر مکانیکی تشکیل می‌دهد (۶). پکتین یک هتروپلی‌ساکارید است و ساختاری منشعب دارد، در قسمت خطی، اسیدگالاکتورونیک با اتصالات (۴-۱) $\alpha$ حضور دارد و قسمت منشعب شامل رامنوز، آرابینوز، گالاکتان و گالاکتورونیک‌اسید می‌باشد. پکتین‌ها عموماً در آب محلول می‌باشند ولی اگر وزن ملکولی و قدرت یونی محیط بالا رود یا درجه استریفیکاسیون کاهش یابد، حلالیت پکتین در آب کاهش می‌یابد (۵).

پوشش های خوراکی بصورت تنها و یا به عنوان یک پیش تیمار قبل از تیمارهای دیگر مانند خشک کردن می‌تواند مورد استفاده واقع شوند. برای افزایش کارایی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، مواد زیست فعال مانند مواد ضد میکروبی و آنتی-اکسیدانی در ترکیب آنها بکار می‌رود که در این‌صورت به آن‌ها فیلم‌ها و پوشش‌های فعال گفته می‌شود. مواد فعال موجود در ماتریکس آن‌ها به تدریج آزاد شده و اثرات بهبود دهندگی و نگهدارندگی خود را بر ماده غذایی پوشش داده شده بر جای می‌گذارند. اسید اسکوربیک یک ترکیب احیا کننده و آنتی-اکسیدانی بوده و کاربردهای تکنولوژیکی زیادی از جمله بازدارندگی از قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیر آنزیمی، جلوگیری از اکسیداسیون روغن ( به شکل پالمیتات آسکوربات)، تقویت کننده آرد از طریق اکسید پیوندهای دی سولفید گلوتن(در شکل دهیدرو اسکوربیک اسید)، طعم دهنده گی و جبران کننده ویتامین C از دست رفته طی تیمارهای مختلف در مواد غذایی بکار می‌رود و می‌تواند به عنوان یک ترکیب فعال در پوشش‌های خوراکی بکار رود ( ۶).

خشک کردن اسمزی فرایندی است که در طی آن آب موجود در ماده‌غذایی توسط محیط هایپرتونیک مانند محلول‌های قندی (مانند گلوکز، فروکتوز، ساکارز)، قندهای الکلی ( مانندسوربیتول و گلیسرول)، یا محلول‌های نمکی و غیره، گرفته می‌شود و با توجه به سرعت بالا و دمای پائین، فرایند آبگیری اسمزی به عنوان روش نسبتاً نوین و یک پیش تیمار برای بهبود خشک کردن میوه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۷). از مهم‌ترین معایب فرایند آبگیری اسمزی، نفوذ مواد جامد محلول به درون بافت موادغذایی است. کاربرد پوشش‌های خوراکی قبل از آبگیری اسمزی، مناسب‌ترین راه حل برای جلوگیری از تأثیرات نامطلوب این فرایند بر ماده‌غذایی است (۱۳). در فرایند آبگیری اسمزی، پوشش‌ها به‌عنوان ممانعت‌کننده‌های مصنوعی عمل می کنند و مانع نفوذ مواد جامد محلول به درون بافت ماده غذایی شده و از کریستاله شدن قندها برروی بافت میوه جلوگیری می‌کنند، بدون آن که تأثیر منفی بر میزان خروج آب داشته باشند (۱۰).

تاکنون مطالعاتی برای بررسی اثرات استفاده همزمان از پوشش‌های خوراکی و آبگیری اسمزی در خشک کردن میوه‌ها و سبزی‌ها انجام یافته‌است. خین و همکاران (۲۰۰۶)، در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که استفاده همزمان از پوشش‌های خوراکی بر پایه پکتین کم استر و سدیم آلژینات و آبگیری اسمزی برای سیب زمینی، ضریب کارایی ابگیری را بالا می‌برد(۹). لوبینکو و همکاران (۲۰۰۸)، طی مطالعات خود پی بردند که استفاده ازپوشش حاوی نشاسته ذرت ۳۰٪ و محلول اسمزی شامل محلول ساکارز یا ملاس چغندر قند( در دمای $55^{\circ}C$ به مدت ۵ ساعت) کارایی آبگیری اسمزی هویج را در هر دو محلول ساکارز و ملاس افزایش می‌دهد. آن‌ها هم‌چنین اعلام کردند که امکان بازیافت محلول اسمزی بعد از تغلیظ آن امکان‌پذیر می‌باشد (۱۲).

[1] Cydonia oblonga

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج به دست آمده از پژوهش‌های جلائی و همکاران (۲۰۱۰)، نیز نشان داد که مواد پوشش‌دهنده خوراکی مانند پکتین با درجه استری پایین[1]، کربوکسی متیل سلولز، نشاسته ذرت و محلول اسمزی حاوی ساکارز با دو غلظت ٪۵۰ و ٪۶۰ (W/W) تأثیر مثبتی روی میزان آبگیری و جذب مواد جامد محلول سیب دارند (۸). استفاده ازپوشش‌های خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز- اسیدآسکوربیک در خشک کردن اسمزی کدوی سبز، میزان جذب مواد جامد محلول را کاهش و میزان از دست دادن آب و ضریب کارایی اسمزی را افزایش داد (۴).

هدف از این پژوهش، بهبود کیفیت میوهٔ "به" خشک شده با بکاربردن پوشش‌های فعال (بر پایه پکتین و کربوکسی متیل سلولز و بهینه شده توسط روش سطح پاسخ) و آبگیری اسمزی می‌باشد.

## ۲-مواد و روش ها

### ۲-۱-مواد

کربوکسی متیل سلولز ( شرکت Food chem کشور چین، با درجه خلوص ۹۸، ویسکوزیته ۲۲۸۰ )، اسیدآسکوربیک (شرکت Northest phar maceutical کشور چین)، پکتین کم استر (درجه استریفیکاسیون ۳۱/۵٪، Degussa, Pullach, آلمان)، کلریدکلسیم از (شرکت مرک آلمان) ، گلیسرول (Ableace کشور مالزی)، فروکتوز(Krueger آلمان)، اسیدسیتریک مونو هیدراته($C_6H_8O_7.H_2O$) (شرکت Kaselcit کشور چین)، میوه "به"( رقم شرفخانه با درصد رطوبت ۸۵٪ ) خریداری شد.

### ۲-۲-روش ها

غلظت‌های پکتین، کربوکسی متیل سلولز و اسید اسکوربیک توسط RSM[2] مرکب مرکزی، تعیین و سپس در نسبت های تعیین شده با یکدیگر مخلوط و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر (وزنی- حجمی) رسانده شدند. در ضمن برای تمامی تیمارها بطور ثابت ۰/۲ گرم گلیسرول (به عنوان نرم کننده) و ۰/۷۵ گرم کلریدکلسیم (پکتین کم‌استر برای تشکیل ژل نیاز به کلریدکلسیم دارد) استفاده شد. از روش RSM مرکب مرکزی با ۱۸ تیمار و ۳ تکرار برای این منظور استفاده شد (جدول ۱) و نرم‌افزار SAS 9.1 (انگلستان) برای طراحی این طرح مورد استفاده قرار گرفت.

### ۲-۳- تهیه محلول اسمزی

غلظت عوامل اسمز را بصورت ثابت ( فروکتوز ۵۰٪، کلرید کلسیم ۵٪ و اسید سیتریک ۳٪)، مطابق کار تحقیقی پیشین گروه پژوهشی تهیه کردیم و سپس در نسبت‌های تعیین شده مواد مخلوط گردیدند و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر (وزنی- حجمی) رسانده شدند (۱).

### ۲-٤- پوشش‌دهی و فرایند اسمز

در ابتدا آماده سازی میوه "به" شامل شستشو، پوست‌گیری و برش آن به شکل مکعب‌های ۱ سانتی‌مترمکعبی توسط قالب مخصوص صورت گرفت، سپس نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند، رطوبت سطحی برش‌ها با کاغذ صافی گرفته و سپس وزن شدند. نمونه‌های آماده شده بعد از توزین توسط روش غوطه‌وری پوشش دهی شدند یعنی در یک بشر حاوی محلول پوشش‌ساز (کربوکسی متیل سلولز و پکتین و اسیدآسکوربیک) قرار گرفتند و بعد از یک دقیقه خارج شدند و به مدت ۳۰ دقیقه در آون با دمای ۷۰ درجه قرار گرفتند. سپس به مدت ۳ ساعت (دمای ثابت ۲۵ درجه‌سانتی گراد) دمای اتاق، در محلول اسمزی قرار گرفته (نسبت وزنی محلول اسمزی به نمونه ۱۰ به ۱) و سپس نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند و با کاغذ صافی رطوبت سطحی نمونه‌ها گرفته شد (۱۰). مقدار رطوبت و مواد جامد محلول در دمای ۱۰۵ درجه- سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت آون گذاری (گدازه سوز، ایران) تعیین گردید. نمونه ها قبل و بعد آون گذاری به وسیله ترازو ( حساس ۴ صفر BP110S, Sartorius فرانسه) توزین گردید(۲).

### ۲- ۵- اندازه‌گیری میزان آبگیری و میزان ماده جامدجذب شده در فرایند خشک کردن اسمزی

میزان آبگیری و میزان ماده جامد جذب شده و نسبت بین میزان آبگیری به میزان ماده جامد جذب شده (ضریب کارایی آبگیری) در نمونه‌ها براساس توزین آن‌ها در مراحل مختلف (وزن نمونه شاهد، وزن نمونه پوشش‌دار و اسمز شده قبل و بعد از آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد)، با روابط زیر محاسبه شدند (۱۶).

[1] Low methoxy pectin (LMP)
[2] Response surface methodology

Archive of SID

www.SID.ir

$$\%WL = \frac{W_i X_i - W_\theta X_\theta}{W_i}$$

$$\%SG = \frac{W_\theta(1-X_\theta) - W_\theta(1-X_i)}{W_i}$$

$$\text{ضریب کارایی آبگیری اسمزی} = \frac{WL}{SG}$$

WL : میزان آبگیری

SG : میزان ماده جامد جذب شده

$W_i$: وزن محصول در زمان اولیه (گرم)،

$W_\theta$ : وزن محصول بعد از زمان $\theta$ (گرم)

$X_i$ : محتوای آبی (کسر وزنی) محصول در زمان اولیه(گرم)

$X_\theta$ : محتوای آبی محصول در زمان $\theta$ (گرم)

## ۲- ٦- تحلیل آماری

برای بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش‌های خوراکی و محلول-های اسمزی درآبگیری اسمزی و خشک کردن میوه "به"، از روش آماری سطح پاسخ (RSM CC0318) طرح مرکب مرکزی[1] با سه متغیر در پنج سطح (۱/۶۸۲-، ۱-، ۰، ۱+، ۱/۶۸۲+) شامل درصد کربوکسی‌متیل‌سلولز($X_1$, %w/v)(۰، ۰/۳، ۰/۷۴۵، ۱/۱۹، ۱/۴۹)، درصد پکتین ($X_2$, %w/v) (۰، ۰/۳، ۰/۷۴۵، ۱/۱۹، ۱/۴۹) درصد اسیدآسکوربیک ($X_3$, %w/v) (۰/۰۰، ۰/۱۲، ۰/۲۹۵، ۰/۴۷، ۰/۵۸۹) در مرحله پوشش‌دهی با سه تکرار استفاده شد. این طرح شامل ۸ نقطه فاکتوریل، ۶ نقطه محوری و ۴ نقطه مرکزی[2] است.

جدول ۲ مشخصات مربوط به نمونه‌ها را نمایش می‌دهد. نرم افزارهای SAS 9.1 (انگلستان) و Statistica 9 (آمریکا) برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارهای سطح پاسخ مورد استفاده قرار گرفتند. معادله چند جمله ای درجه دوم استفاده شده در تجزیه و تحلیل به صورت زیر است:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{\substack{i=1 \\ i<j}}^{k-1} \sum_{j=2}^{k} \beta_{ij} X_i X_j$$

که در این فرمول Y متغیر وابسته یا پاسخ مدل، $\beta_0$ ، $\beta_i$، $\beta_{ii}$ و $\beta_{ij}$ به ترتیب ضرایب رگرسیون برای عامل‌های ضریب ثابت (عرض از مبدا)، ضریب اثر خطی، ضریب اثر درجه دوم و ضریب اثر متقابل هستند و $X_i$ و $X_j$ متغیرهای مستقل می‌باشند.

**جدول ۱- طرح آزمایش مرکب مرکزی مورد استفاده برای بهینه سازی در مرحله پوشش‌دهی به‌منظور بررسی تاثیرغلظت‌های کربوکسی متیل سلولز، پکتین و اسیدآسکوربیک بر WL و WL/SG**

| شماره آزمایش | عامل | | | شماره آزمایش | عامل | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ |
| ۱ | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۱۲ | ۱۰ | ۱/۴۸ | ۰/۷۶ | ۰/۲۹ |
| ۲ | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۴۷ | ۱۱ | ۰/۷۶ | ۰/۰۳ | ۰/۲۹ |
| ۳ | ۰/۳۳ | ۱/۱۹ | ۰/۱۲ | ۱۲ | ۰/۷۶ | ۱/۴۸ | ۰/۲۹ |
| ۴ | ۰/۳۳ | ۱/۱۹ | ۰/۴۷ | ۱۳ | ۰/۷۶ | ۰/۷۶ | ۰/۰۰ |
| ۵ | ۱/۱۹ | ۰/۳۳ | ۰/۱۲ | ۱۴ | ۰/۷۶ | ۰/۷۶ | ۰/۵۸ |
| ۶ | ۱/۱۹ | ۰/۳۳ | ۰/۴۷ | ۱۵ | ۰/۷۶ | ۰/۷۶ | ۰/۲۹ |
| ۷ | ۱/۱۹ | ۱/۱۹ | ۰/۱۲ | ۱۶ | ۰/۷۶ | ۰/۷۶ | ۰/۲۹ |
| ۸ | ۱/۱۹ | ۱/۱۹ | ۰/۴۷ | ۱۷ | ۰/۷۶ | ۰/۷۶ | ۰/۲۹ |
| ۹ | ۰/۰۳ | ۰/۷۶ | ۰/۲۹ | ۱۸ | ۰/۷۶ | ۰/۷۶ | ۰/۲۹ |

[1] Central composite design

[2] Center point

www.SID.ir

**جدول۲- سطوح واقعی و کد شده متغیرهای مورد استفاده در آزمایش**

| نوع متغیر | واحد | نماد ریاضی متغیر | سطوح کدبندی شدهٔ متغیر | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | +۱/۶۸۲ | +۱ | ۰ | −۱ | −۱/۶۸۲ |
| غلظت کربوکسی متیل سلولز | g/ml | $X_1$ | ۱/۴۹ | ۱/۱۹ | ۰/۷۴۵ | ۰/۳۳ | ۰ |
| غلظت پکتین | g/ml | $X_2$ | ۱/۴۹ | ۱/۱۹ | ۰/۷۴۵ | /۳۳ | ۰ |
| غلظت اسید آسکوربیک | g/ml | $X_3$ | ۰/۵۸ | ۰/۴۷ | ۰/۲۹۵ | ۰/۱۲ | ۰ |

**جدول۳- نمایش تاثیر ترکیب‌های مختلف متغیرهای مستقل بر WL , SG و WL/SG**

( اعداد بصورت میانگین آورده شده‌اند ).

| آزمایش | WL | SG | WL/SG |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۹/۸۶ ± ۱/۸۱ | ۷/۴۲± ۰/۰۰ | ۴/۰۲ ±۰/ ۲۳ |
| ۲ | ۲۷/۷۴ ± ۱/۲۳ | ۸/۵۵ ± ۰/۱۳ | ۳/۲۴± ۰/۲۰ |
| ۳ | ۳۰/۱۳ ± ۰/۳۵ | ۷/۷۹ ± ۰/۰۵ | ۳/۸۶ ± ۰/۷۱ |
| ۴ | ۲۸/۸۴ ± ۱/۲۶ | ۶/ ۵۶ ± ۰/۶۱ | ۴/۳۹ ± ۰/۷۲ |
| ۵ | ۳۲/۲۸ ± ۰/۷۳ | ۹/۱۲ ± ۰/۷۲ | ۳/۵۳±۰/۴۱ |
| ۶ | ۳۱/۹۹ ± ۳/۱۴ | ۷/۶۳ ± ۱/۰۹ | ۴/۱۸± ۰/۱۶ |
| ۷ | ۳۷/۱۰ ± ۰/۱۷ | ۶/۷۹ ± ۰/۱۰ | ۵/۴۵ ± ۰/۱۱ |
| ۸ | ۴۰/۳۲ ± ۱/۷۸ | ۷/۱۵ ± ۰/۹۷ | ۵/۶۳± ۰/۸۳ |
| ۹ | ۳۲/۷۶ ± ۲/۴۶ | ۱۰/۵۶ ± ۱/۹۰ | ۳/۱۰±۰ ۰/۴۱ |
| ۱۰ | ۳۷/۸۳ ± ۱/۹۵ | ۷/۷۶ ± ۱/۸۳ | ۴/۸۷ ± ۱/۲۷ |
| ۱۱ | ۳۰/۶۲ ± ۰/۱۹ | ۹/۵۶ ± ۰/۴۷ | ۳/۲۰± ۰/۱۹ |
| ۱۲ | ۴۰/۶۲ ± ۳/۵۹ | ۵/۹۸ ± ۲/۷۸ | ۶/۷۸ ± ۲/۱۸ |
| ۱۳ | ۳۸/۰۵ ± ۲/۱۷ | ۹/۱۹ ± ۰/۶۶ | ۴/۱۴ ± ۰/۰۵ |
| ۱۴ | ۳۵/۵۹ ± ۶/۱۷ | ۱۰/۷۳ ± ۱/۷۰ | ۳/۳۱ ± ۰/۰۵ |
| ۱۵ | ۳۱/۷۵ ± ۰/۹۴ | ۷/۱۳ ± ۱/۵۰ | ۴/۴۵ ± ۰/۸۱ |
| ۱۶ | ۳۸/۹۹ ± ۱/۴۶ | ۹/۳۳ ± ۰/۳۸ | ۴/۱۷ ± ۰/۰۱ |
| ۱۷ | ۳۳/۸۱ ± ۴/۱۰ | ۹/۰۲ ± ۲/۲۰ | ۳/۷± ۰/۶۲ |
| ۱۸ | ۳۹/۵۸ ± ۴/۳۳ | ۱۰/۹۶ ± ۱/۲۹ | ۳/۶۰± ۰/۰۲ |

Archive of SID

www.SID.ir

## ۳- نتایج و بحث

هدف از انجام آزمایش‌های بهینه‌سازی، دست‌یابی به بهترین تأثیر ترکیبی از کربوکسی‌متیل‌سلولز، پکتین و اسیدآسکوربیک (متغیرهای مستقل آزمایش در مرحله پوشش‌دهی) و نیز بدست آوردن یک مدل ریاضی برای پیش بینی تأثیر این ترکیبات روی میزان آبگیری و میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی (متغیرهای وابسته آزمایش) بود.

### ۳- ۱- نتایج بهینه سازی فرمولاسیون محلول پوشش‌دهی بر اساس میزان آبگیری (WL ) در فرایند اسمز

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول ۳ بیشترین آبگیری به میزان ۴۰/۶۲ (در نمونه شماره ۱۲) و کمترین آبگیری اسمزی به میزان ۲۷/۷۴ (در نمونه۲) مشاهده شد. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای میزان آبگیری در مرحله بهینه‌سازی پوشش‌دهی در جدول۴ نشان داده شده است.

مقادیر P معنی دار برای مدل ($P<۰/۰۱$) و غیر معنی دار برای فقدان برازش (**۰/۶۲**) تائیدی بر مناسب بودن مدل برای پیش بینی اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته( میزان آبگیری) است. هم چنین مقدار عددی ضریب تبیین $R^2$ برای میزان آبگیری طی مرحله پوشش‌دهی ۶۶/۴۲ بود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای مستقل (کربوکسی‌متیل‌سلولز، پکتین و اسیدآسکوربیک) تنها بخشی از تغییرات (۶۶/۴ درصد) در متغیر وابسته (میزان آبگیری) را توجیه می کند که کافی به نظر نمی رسد.

مدل خلاصه شده به دست آمده برای پیش بینی تأثیر میزان کربوکسی‌متیل‌سلولز، پکتین و اسیدآسکوربیک روی میزان آبگیری بعد از حذف عوامل غیر معنی داربه صورت زیر می‌باشد:

$$Y=۳۴۳۳/۹۳+۲/۴۶\ X_1+۲/۲۹X_2$$

همچنان که در جدول ۴ مشهود است، اثرات خطی اجزای $X_2$ ,$X_1$, ($P<۰/۰۵$) معنی دار می‌باشند. به عبارت دیگر پکتین و کربوکسی‌متیل‌سلولز دارای تاثیر خطی معنی دار بر میزان آبگیری هستند.

شکل۱- الف تأثیر سطوح مختلف غلظت کربوکسی‌متیل-سلولز و پکتین را در نقطه مرکزی از غلظت اسید آسکوربیک بر میزان آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد.

همچنان که مشاهده می‌شود شکل نمودار به صورت لبه بالا رونده بوده و وقتی غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز و پکتین در حداکثر است، میزان آبگیری هم در بیشترین مقدار است. نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از لازاریدیس و همکاران (۱۱) مطابقت دارد.

شکل ۱- ب، تأثیر سطوح مختلف غلظت کربوکسی‌متیل-سلولز واسیدآسکوربیک را در نقطه مرکزی غلظت پکتین، بر روی میزان آبگیری اسمزی را نشان **می‌د**هد. همان‌طور که ملاحظه می گردد، با افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز، در هر غلظتی از اسید اسکوربیک، میزان آبگیری اسمزی افزایش می‌یابد و حداکثر این اثر، در حداکثر مقدار اسید اسکوربیک مشاهده می‌شود و همچنین این اثر در محدوده غلظت مورد آزمون، نسبتاً خطی است. احتمالاً با افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز، ضخامت و تراکم پوشش افزایش یافته و از نفوذ مواد جامد به درون بافت میوه بیشتر جلوگیری می‌کند بدون اینکه به دلیل ماهیت آبدوست از خروج آب جلوگیری کند و در نتیجه، اختلاف فشار اسمزی حفظ می گردد و آب بیشتری خارج می‌شود.

اما تغییرات غلظت اسیدآسکوربیک در غلظت های پایین تا متوسط کربوکسی متیل سلولز، تاثیر معنی‌داری بر میزان آبگیری اسمزی ندارد.

شکل ۱- ج، تأثیر سطوح مختلف غلظت پکتین واسیدآسکوربیک را در نقطه مرکزی از غلظت کربوکسی‌متیل-سلولز بر روی میزان آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، اثر متقابل پکتین و اسید اسکوربیک همانند اثر متقابل کربوکسی متیل سلولز و اسید اسکوربیک می‌باشد. مطابق مدل RSM ، غلظت های بهینه کربوکسی‌متیل‌سلولز، پکتین و اسیدآسکوربیک در محلول پوشش‌دهنده، برای حصول حداکثر آبگیری اسمزی(WL) به ترتیب ۰/۸۴، ۱/۶۸ و ۰/۸۴ (W/V) بودند.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ٤- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس براساس WL**

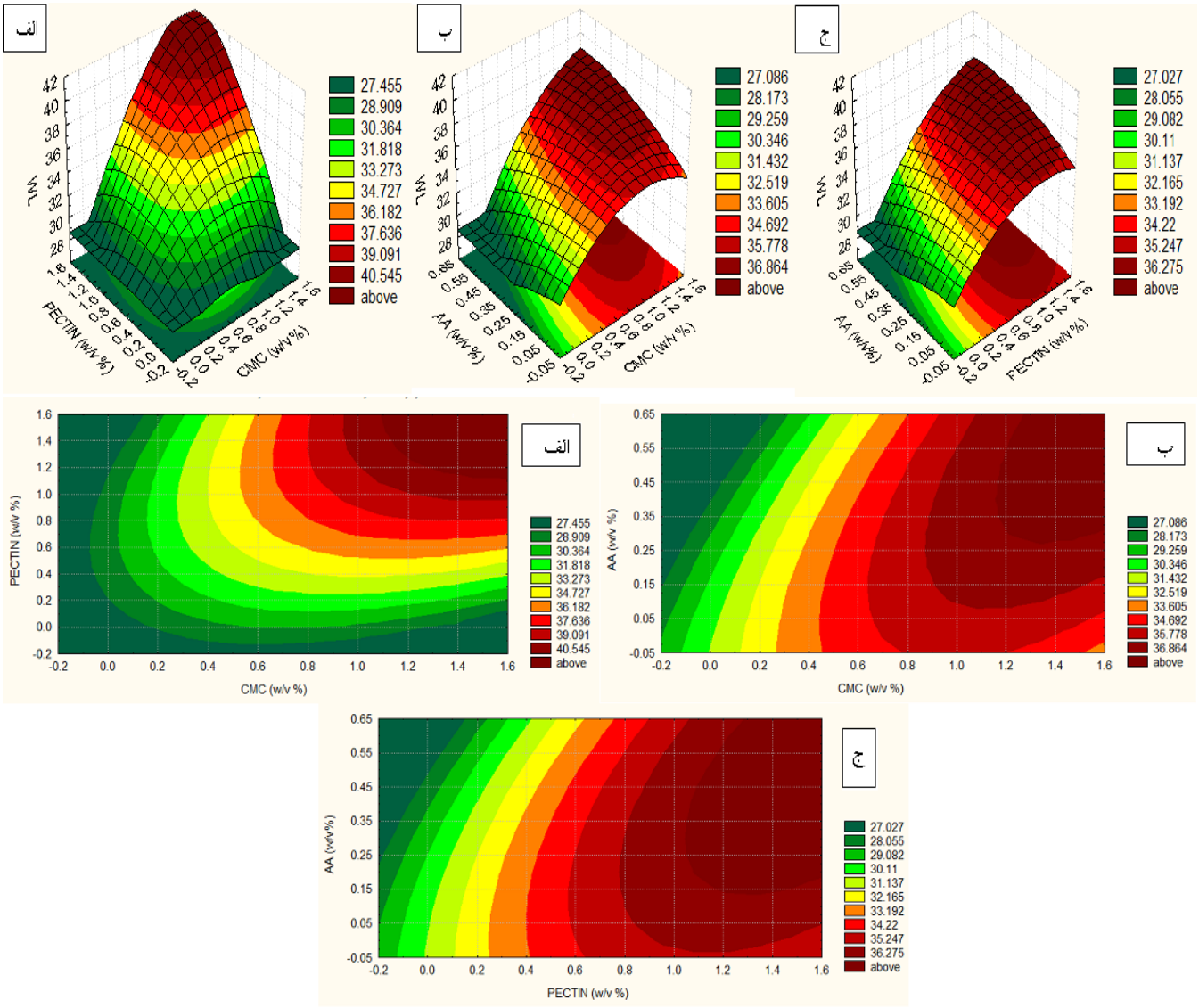
| منبع تغییرات | ضرایب رگرسیون | درجه آزادی (df) | مجموع مربعات (SS) | میانگین مربعات (MS) | F | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | ۵/۱۵ | ۱ | ۸۲/۸۲ | ۸۲/۸۲ | ۶/۴۸ | *۰/۰۳ |
| $X_2$ | ۲/۲۹ | ۱ | ۷۱/۹۵ | ۷۱/۹۵ | ۵/۶۳ | *۰/۰۴ |
| $X_3$ | -۵/۶۵ | ۱ | ۱/۵۷ | ۱/۵۷ | ۰/۱۲ | ۰/۷۳ |
| $X_1^2$ | -۱/۰۴ | ۱ | ۱۳/۸۲ | ۱۳/۸۲ | ۱/۰۸ | ۰/۳۲ |
| $X_1X_2$ | ۷/۹۶ | ۱ | ۱۷/۳۳ | ۱۷/۳۳ | ۱/۳۵ | ۰/۲۷ |
| $X_1X_3$ | ۱۰/۵۴ | ۱ | ۵/۰۳ | ۵/۰۳ | ۰/۳۹ | ۰/۵۴ |
| $X_2^2$ | -۵/۰۳ | ۱ | ۱۰/۹۶ | ۱۰/۹۶ | ۰/۸۵ | ۰/۳۸ |
| $X_2X_3$ | ۷/۱۹ | ۱ | ۲/۳۴ | ۲/۳۴ | ۰/۱۸ | ۰/۶۷ |
| $X_3^2$ | -۰/۵۰ | ۱ | ۳/۲۴ | ۳/۲۴ | ۰/۲۵ | ۰/۶۲ |
| مدل | – | ۹ | ۲۰۱/۹۶ | ۲۲/۴۴ | ۱/۷۵ | *۰/۰۰۴۸ |
| اثر خطی | – | ۳ | ۱۵۶/۳۴ | ۱۱/۵۲ | ۴/۰۸ | * ۰/۰۴ |
| اثر درجه دوم | – | ۳ | ۲۰/۹۰ | ۶/۹۶ | ۰/۵۴ | ۰/۶۶ |
| اثر متقابل | – | ۳ | ۲۴/۷۱ | ۸/۲۳ | ۰/۶۴ | ۰/۶۰ |
| باقی مانده | – | ۸ | ۱۰۲/۱۰ | ۱۲/۷۶ | – | |
| عدم برازش | – | ۵ | ۵۷/۵۳ | ۱۱/۵۰ | ۰/۷۷ | ۰/۶۲ |
| خطای خالص | – | ۳ | ۴۴/۵۶ | ۱۴/۸۵ | – | – |
| کل | – | ۱۷ | ۳۰۴/۰۷ | – | – | – |

$R^2$= ۶۶/۴۲ $R^2_{adj}$= ۵۰/۶۴ CV=۱۰/۴۰ ،

* نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ** نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۱٪ است.

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل۱- نمودار سطح پاسخ و کنتورتأثیر سطوح مختلف غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز و پکتین (الف)، غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز واسیدآسکوربیک(ب) و غلظت پکتین واسیدآسکوربیک (ج) روی میزان آبگیری اسمزی**

www.SID.ir

**جدول۵- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس براساس WL/SG**

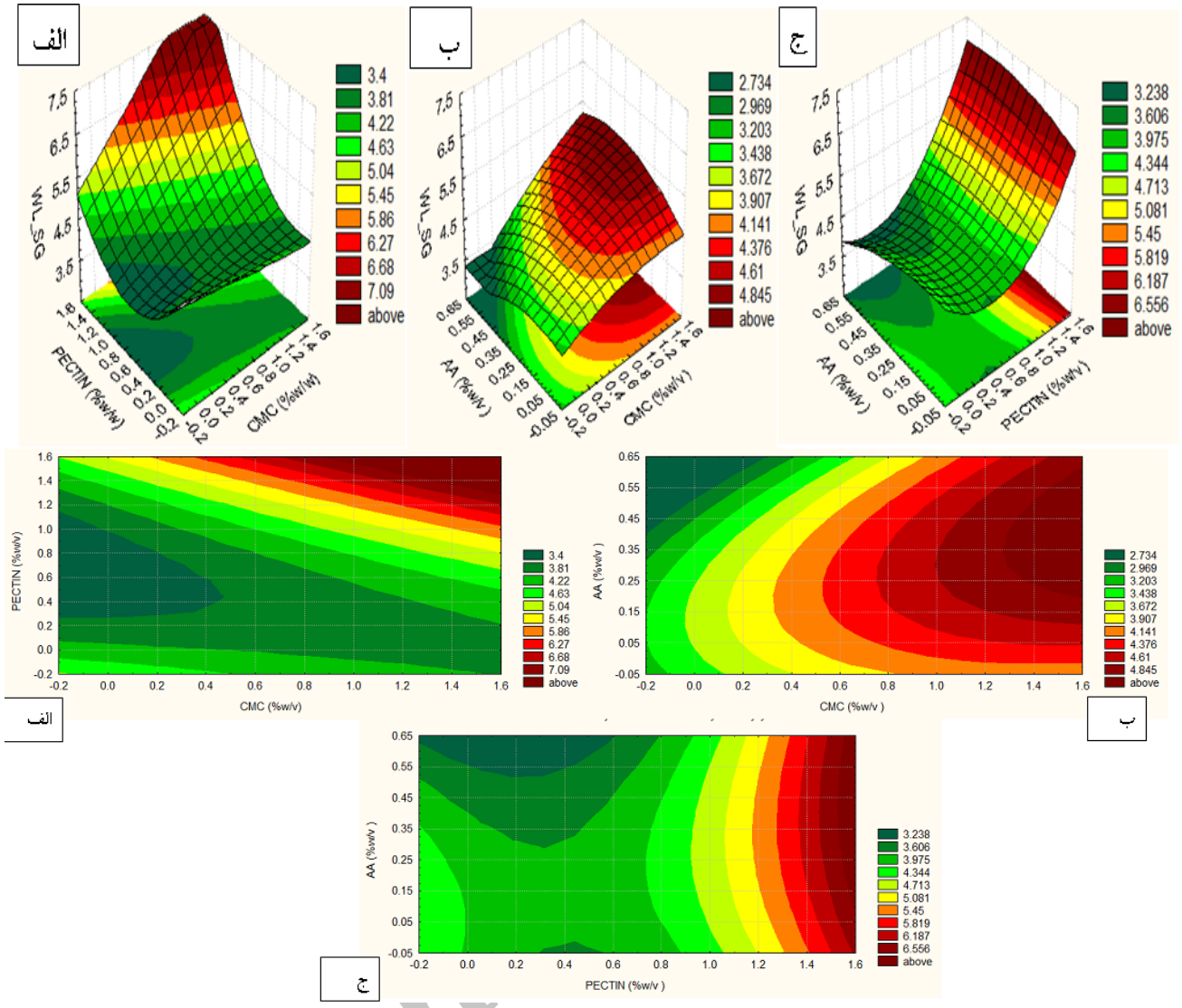
| منبع تغییرات | ضرایب رگرسیون | درجه آزادی (df) | مجموع مربعات (SS) | میانگین مربعات (MS) | F | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | -۰/۷۳ | ۱ | ۲/۸۷ | ۲/۸۷ | ۱۰/۸۱ | *۰/۰۱۱ |
| $X_2$ | -۲/۸۳ | ۱ | ۷/۹۰ | ۷/۹۰ | ۲۹/۷۲ | **۰/۰۰۰ |
| $X_3$ | -۱/۱۱ | ۱ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۱۸ | ۰/۶۸۲ |
| $X_1^2$ | -۰/۰۳ | ۱ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۹۶۸ |
| $X_1X_2$ | ۱/۶۰ | ۱ | ۰/۷۰ | ۰/۷۰ | ۲/۶۴ | ۰/۱۴۲ |
| $X_1X_3$ | ۱/۸۰ | ۱ | ۰/۱۴ | ۰/۱۴ | ۰/۵۵ | ۰/۴۷۸ |
| $X_2^2$ | ۱/۹۵ | ۱ | ۱/۶۶ | ۱/۶۶ | ۶/۲۴ | *۰/۰۳۶ |
| $X_2X_3$ | ۱/۳۸ | ۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۳۲ | ۰/۵۸۲ |
| $X_3^2$ | -۲/۷۹ | ۱ | ۰/۰۹ | ۰/۰۹ | ۰/۳۴ | ۰/۵۷۱ |
| مدل | – | ۹ | ۱۳/۷۹ | ۱/۵۳ | ۵/۷۶ | *۰/۰۱۰۸ |
| اثر خطی | – | ۳ | ۱۰/۸۲ | ۳/۶۰ | ۱۳/۵۷ | **۰/۰۰۱ |
| اثر درجه دوم | – | ۳ | ۲/۰۲ | ۰/۶۷ | ۲/۵۴ | ۰/۱۲۹ |
| اثر متقابل | – | ۳ | ۰/۹۳ | ۰/۳۱ | ۱/۱۷ | ۰/۳۷۷ |
| باقی مانده | – | ۸ | ۲/۱۲ | ۰/۲۶ | – | – |
| عدم برازش | – | ۵ | ۱/۶۷ | ۰/۳۳ | ۲/۲۲ | ۰/۲۷۱ |
| خطای خالص | – | ۳ | ۰/۴۵ | ۰/۱۵ | – | – |
| کل | – | ۱۷ | ۱۵/۹۲ | – | – | – |

$R^{2=}$۸۶/۶۴ ،$R^2_{adj}$=۷۱/۶۱ CV=۱۲/۲۵

* نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ** نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۱٪ است.

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل۲- نمودار سطح پاسخ و کنتورتأثیر سطوح مختلف غلظت پکتین و کربوکسی‌متیل‌سلولز (الف)، غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز و اسیدآسکوربیک (ب) و غلظت پکتین و اسیدآسکوربیک (ج) روی میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی**

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه ۱۲) مشاهده شد. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی در مرحله بهینه‌سازی پوشش‌دهی در جدول ۵ نشان داده شده است.

مقادیر P برای مدل ($P <$ ۰/۰۵) و برای عدم تطابق داده ها با مدل[1] یا همان فقدان برازش (۰/۲۷) تائیدی بر تطابق خوب مدل با داده‌های آزمایشی دارد. هم چنین مقدار عددی ضریب تبیین $R^2$برای میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی ۸۶/۶۴ بود که نشان دهنده میزان انحراف داده‌ها از مدل رگرسیون می‌باشد (۱۴). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی توانسته رابطه بین متغیرهای مستقل (کربوکسی‌متیل‌سلولز، پکتین و اسیدآسکوربیک) و متغیر وابسته (میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی) را نشان داده و پیش‌بینی کند.

مدل خلاصه شده به دست آمده برای پیش‌بینی تأثیر میزان کربوکسی‌متیل‌سلولز، پکتین و اسیدآسکوربیک بر میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی بعد از حذف عوامل غیرمعنی‌دار به صورت زیر می‌باشد:

$$Y=۴/۴۸ - ۰/۷۳X_1 - ۲/۸۳X_2 + ۱/۹۵X_2^2$$

هم‌چنان که در جدول ۵ مشهود است، اثر خطی و درجه دو اجزای مدل $X_2^2$ و $X_1$ ، ($P<0.05$) $X_2$، ($P<0.01$) معنی دار می‌باشند. به عبارت دیگر کربوکسی‌متیل‌سلولز به صورت خطی و پکتین به صورت خطی و درجه دو روی میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی موثر است در حالی که اسیدآسکوربیک تاثیر معنی‌داری روی میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی ندارد.

برای نمایش تغییرات میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی با تغییرات متغیرهای مستقل، سه منحنی سطح پاسخ سه‌بعدی که در آن متغیر وابسته (میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی) در مقابل دو متغیر مستقل، در مقادیر مرکزی متغیرسوم، ترسیم شدند. شکل ۲- الف تأثیر سطوح مختلف کربوکسی‌متیل‌سلولز و پکتین را در نقطه مرکزی از غلظت اسیدآسکوربیک بر روی میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد. شکل نمودار بصورت لبه بالا رونده است. همان‌طور که در نمودار ملاحظه می‌شود، تاثیر پکتین بر WL/SG بصورت درجه۲ و تاثیر کربوکسی‌متیل‌سلولز بصورت خطی است وافزایش هر ۲ سبب افزایشWL/SG می‌شود. نتایج این تحقیق با نتایج محققان قبلی، حداد خداپرست و همکاران (۳)، Lazaridis و همکاران (۱۱) مطابقت دارد.

شکل ۲- ب، تأثیر سطوح مختلف غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز و اسیدآسکوربیک را در نقطه مرکزی از غلظت پکتین بر روی میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار ملاحظه می‌شود، سطح محدب ایجاد شده تاثیر درجه دو اسیدآسکوربیک بر ضریب کارایی آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد و درمقادیر وسط از غلظت اسیدآسکوربیک (۰/۲۵ تا ۰/۴۵) ، WL/SG در بیشترین مقدار است در حالی که غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز به صورت خطی تاثیرگذار است و با افزایش غلظت آن، ضریب کارایی آبگیری اسمزی هم افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج به‌دست آمده توسط خین و همکاران (۹) و لوبینکو و همکاران (۱۲) مطابقت دارد. خین و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که کارایی آبگیری بهتر برای سیب‌زمینی، در نمونه‌های پوشش داده شده (شامل پکتین کم‌استر وسدیم‌آلژینات) بدست می‌آید (۹). هم چنین لوبینکو و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعات خود پی بردند که پوشش نشاسته، کارایی آبگیری اسمزی هویج را در هر دو محلول اسمزی ساکارز و ملاس افزایش می‌دهد (۱۲).

شکل ۲- ج، تأثیر سطوح مختلف پکتین و اسیدآسکوربیک را در نقطه مرکزی از غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز را نشان می‌دهد. همان‌طور که در **نمودار** ملاحظه می‌شود با افزایش پکتین، میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی هم افزایش می‌یابد و این تاثیر بصورت درجه دو می‌باشد. در حالیکه غلظت اسیدآسکوربیک تاثیر معنی‌داری بر میزان ضریب کارایی آبگیری اسمزی ندارد. مقادیر بهینه فرمولاسیون محلول پوشش‌دهی حاصل از RSM برای حصول حداکثر ضریب کارایی آبگیری اسمزی، برای کربوکسی‌متیل‌سلولز، پکتین و اسیدآسکوربیک به ترتیب ۱/۴۸، ۱/۴۸ و ۰/۵۸ (W/V) بودند.

## ٤-نتیجه گیری

روش سطح پاسخ به منظور بهینه‌سازی فرمولاسیون محلول پوشش‌های خوراکی بر پایه کربوکسی‌متیل‌سلولز، پکتین و اسیدآسکوربیک (یه عنوان پیش تیمار آبگیری اسمزی)، بر اساس حداکثر میزان آبگیری اسمزی و همچنین بر اساس حداکثر ضریب کارایی آبگیری اسمزی در خشک کردن اسمری میوه "به" مورد استفاده قرار گرفت. مدل‌های چند جمله‌ای مرتبه اول و دوم برای متغیرهای پاسخ، از نظر آماری معنی‌دار شدند.

[1]Lack of fit

Archive of SID

www.SID.ir

فرمولاسیون بهینه محلول پوشش‌دهی حاصل از مدل درجه دوم RSM برای حصول حداکثر ضریب کارایی آبگیری اسمزی میوه "به" بصورت کربوکسی‌متیل‌سلولز ( ۱/۴۸)، پکتین ( ۱/۴۸) و اسیدآسکوربیک ( ۰/۵۸ ) درصد وزنی- حجمی به‌دست آمد. درضمن نتایج بهینه‌سازی فرمولاسیون محلول پوشش‌دهی حاصل از مدل RSM برای حصول حداکثر آبگیری (WL) شامل کربوکسی‌متیل‌سلولز (۰/۸۴ )، پکتین (۱/۶۸ ) و اسیدآسکوربیک ( ۰/۸۴) درصد وزنی- حجمی بود.

## ۵- منابع


۱-اکبریان، م.، قنبرزاده، ب.، صوتی، م. و دهقان نیا، ج. ۱۳۹۱. بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش‌های خوراکی و محلول‌های اسمزی درآبگیری اسمزی و خشک کردن میوه "به" توسط روش سطح پاسخ، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی، علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تبریز، دانشکده ی کشاورزی.

۲- ایرانی، م.، شفافی زنوزیان، م. و توکلی‌پور، ح. ۱۳۸۹. بررسی پروفایل انتقال جرم در فرایند خشک کردن اسمزی میوه به، *مجله علوم و فناوری غذایی*، ۷۵- ۶۵.

۳- حداد خداپرست، م.، جلایی، ف. ف. و فرقانی، م. ۱۳۸۷. بررسی امکان استفاده از پکتین، کربوکسین سلولز و نشاسته در فرایند خشک کردن اسمزی سیب و تعیین برخی از عوامل مؤثر، *هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی*، ۷-۱.

۴- سراجی، الف.، قنبرزاده، ب.، صوتی، م. و اسحاقی، م. ۱۳۸۹. اثر پوشش‌خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز - اسید اسکوربیک درخشک کردن اسمزی کدو سبز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ورامین، دانشکده کشاورزی.

۵- فاطمی، ح. ۱۳۸۰. *شیمی مواد غذایی* ، انتشارات شرکت سهامی انتشار، ۱، صفحات ۲۴۶-۲۴۵.

۶- قنبرزاده، ب. ۱۳۸۸. *بیوپلیمرهای زیست تخریب پذیر و خوراکی در بسته‌بندی مواد غذایی و دارویی*. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صفحه ۳۰۳.

7-Baldwin, E. A. 2006. Use of edible coating to preserve pecans at room temperature. *Food Research International*, 41:188-192.

8-Jalaee, F., Fazeli, A., Fatemian, H. and Tavakolipour, H. 2010. Mass transfer coefficient and the characteristics of coated apples in osmotic dehydrating. *Journal of Food and Bioproducts Processing*, 89: 367-374.

9- Khin, M. M., Zhou, W. O. and Perera, C. 2006. A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 77: 84-95.

10- Khin, M. M., Zhou, W. and Yeo, S. Y. 2007. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. *Journal of Food Engineering*, 81: 514-522.

11-Lazarides, H. N., Mitrakas, G. E. and Matsos, K. I. 2007. Edible coating and counter- current product/solution contacting: A novel approach to monitoring solids uptake during osmotic dehydration of a model system. *Journal of Food Engineering*, 82: 171-177.

12- Ljubinko, B., Levic, G. Koprivca, N., Nevena, M., Misljenovic, B., Filipcev. V., Olivera, D. and Tatiana, A. 2008. Effect of starch as an edible coating material on the process of osmotic dehydration of carrot in sucrose solution and sugar beet molasses. *Journal of Food Engineering*, 39: 29-36.

13- Matuska, M., Andrzej, L. and Harris, N. 2006. On the use of edible coatings to monitor osmotic medium. *Journal of Food Engineering*, 30: 61-74.

14- Myers, R. H. and Montgomery, D. C. 2002. Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments. John wiley and sons, Inc. New York.

15-Noshad, M. and Mohebbi, M. 2011. Multi-Objective optimization of osmotic–ultrasonic pretreatments and hot-air drying of quince using response surface methodology, *Food Bioprocess Technology*, In Press.

16- Pisalkar, P. S., Jain, N. K. and Jain, S. K. 2011. Osmo-air drying of aloevera gel cubes, *Journal of Food Science Technolgy*, 48: 183–189.

17-Torreggieni, D. and Bertolo, G. 2001. Osmotic pre- treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effect. *Journal of Food Engineering*, 49: 247-25.


Archive of SID

www.SID.ir