

مقاله پژوهشی

بهینه‌سازی پوشش خوراکی بر پایه نشاسته سیب‌زمینی اصلاح شده و روغن سبوس برنج و بررسی تأثیر آن بر ماندگاری انگور رقم عسگری

آذین امید جیوان^۱، مسعود تقی‌زاده^{۲*}، مسعود یاورمنش^۳

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۳، تاریخ آخرین بازنگری: ۱۳۹۹/۰۶/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵)

چکیده

استفاده از پوشش‌های خوراکی روشی برای حفظ و نگهداری میوه‌ها و محصولات کشاورزی به شمار می‌آید. پوشش‌های خوراکی با کاهش شدت تنفس میوه‌ها، ماندگاری آن‌ها را به صورت چشم‌گیری افزایش و میزان ضایعات را کاهش می‌دهند. هدف از این پژوهش، بهینه‌یابی تولید پوشش خوراکی برای نگهداری طولانی مدت «انگور» (گونه عسگری به دلیل فسادپذیری بالا و فراوانی زیاد) توسط روش سطح پاسخ (RSM) و طرح عرف بهینه می‌باشد. از غلظت‌های مختلف نشاسته سیب‌زمینی استیله شده (۳، ۵ و ۷ gr) و روغن سبوس برنج (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ gr) جهت تولید پوشش بهره گرفته شد. همه نمونه‌ها تحت سرعت‌های مختلف اولتراتورکس (۷، ۱۴/۵ و ۲۲ rpm) هموزن گشتند. پارامترهای افت وزن میوه، پایداری و a_w پوشش به عنوان پاسخ‌های طرح آزمایشی در نظر گرفته شدند. تیمارها (۲۰ نمونه در ۲ تکرار) در سردخانه‌ای با دمای 4°C و رطوبت ۷۰٪ به مدت ۲۸ روز ذخیره‌سازی شدند. پارامترهای کیفی انگور شامل TSS، TA، pH، بافت و افت وزن هر ۲ هفته مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین میزان حبه‌های کپک‌زده در پایان دوره انبارداری محاسبه گردید. مدل‌های توسعه یافته مربوط به افت وزن نمونه‌ها، پایداری و a_w ژل امولسیون پیش‌بینی کردند که بهره‌گیری از ۲٪ روغن سبوس برنج، ۶/۵۷٪ نشاسته سیب‌زمینی استیله شده و سرعت هموزن کردن ۷ rpm، منجر به ایجاد ژل امولسیونی با بیش‌ترین پایداری، ۹۳/۶٪ و کم‌ترین a_w ۰/۷۷ می‌شود.

کلید واژه‌ها: بهینه‌سازی، پوشش خوراکی، نشاسته سیب‌زمینی، روغن سبوس برنج، افت وزن و انگور.

۱. مقدمه

شدند [۱۳]. محققان در زمینه‌ی پوشش‌دهی میوه‌هایی مانند توت فرنگی و انگورهای سرخ مایل به قرمز با پوشش‌های خوراکی بر پایه نشاسته، به این مهم دست یافتند که این پوشش‌ها کم‌ترین اثر را بر پارامتر کیفی داشتند و کیفیت محصول را در طی انبارمانی بهبود بخشیدند [۱۴-۱۵].

دلیل اساسی استفاده از لیپیدها در پوشش‌های خوراکی، آب‌گریز بودن آن‌ها است که می‌توانند از افت وزن و رطوبت به نحوی پیش‌گیری نمایند [۱۶]. روغن سبوس برنج با سطوح کم کربوهیدرات در دسترس، ۲۵٪ و سطح بالایی از چربی، ۲۰٪ می‌تواند منبع ارزشمندی از انرژی در نظر گرفته شود [۱۷]. نوع خوراکی آن یک جایگزین خوبی برای روغن‌های گیاهی محسوب می‌شود [۱۸] که استفاده از آن تأثیر به‌سزایی روی حفظ و نگهداری محصولات به ویژه میوه‌ها در انبارداری سرد می‌گذارد [۱۷]. در زمینه بهره‌گیری از روغن سبوس برنج در تشکیل پوشش خوراکی برای افزایش کیفیت و بهبود پارامترهای کیفی محصولاتی مانند کیوی، گوجه‌های گیلاسی و تولید سوسیس کم‌چرب، آزمایش‌هایی صورت گرفت. نتایج حاکی از آن بود که نمونه‌های پوشش‌دهی شده با بیشینه مقدار روغن سبوس برنج، دارای افت وزن کم‌تر و بافتی سفت‌تر نسبت به تیمارهای بدون پوشش (شاهد) بودند [۱۹-۲۱].

میوه‌ها به دلیل داشتن مقدار زیادی مواد قندی و سایر مواد مغذی و نیز رطوبت بالا، محیط مناسبی برای رشد میکروبه‌ها بوده و از طرفی پایین بودن pH در آن‌ها سبب حساسیت ویژه این دسته از محصولات به پوسیدگی‌های قارچی می‌شود [۲۲]. امروزه از پوشش‌دهی مواد غذایی به منظور کاهش سرعت فساد میکروبی توت‌فرنگی و فلفل، جلوگیری از افت وزن میوه‌هایی مانند پرتغال و سیب، به تأخیر انداختن زمان رسیدگی انبه و گوجه‌فرنگی، به تعویق انداختن سیاه شدن گلابی و موز و افزایش جلوه ظاهری میوه‌هایی مانند انار و سیب استفاده می‌گردد [۱]. انگور با نام علمی «ویزیت وینفیریا»^۲ یک میوه مهم در ایران به شمار می‌رود و نگهداری آن به دلیل آسیب‌پذیر بودن میوه هنگام برداشت و حمل و نقل و سردخانه‌گذاری که سبب ترک

استفاده از پوشش‌های خوراکی روشی مفید برای افزایش ماندگاری میوه‌ها و محصولات کشاورزی به شمار می‌آید که به وسیله‌ی آن، این گروه از مواد غذایی در بخش درونی از لایه‌ای کم ضخامت از مواد پوشش دهنده جای گرفته و بسته‌بندی می‌شوند. این لایه‌های پوششی با کاهش شدت تنفس میوه‌ها که پس از برداشت ادامه دارد، ماندگاری و نگهداری میوه‌ها را به صورت چشم‌گیری افزایش می‌دهند [۱].

نشاسته یک پلی‌ساکارید ذخیره‌ای از غلات و سبزی‌ها می‌باشد که استفاده از آن در ترکیب پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی بسیار رایج است چراکه ارزان، فراوان و تجدید پذیر می‌باشد و به آسانی استفاده می‌شود [۲]. از فواید استفاده از فیلم‌های بر پایه نشاسته، کاهش تبادل گاز می‌باشد که سبب به تأخیر افتادن افت رطوبت به دلیل خاصیت هیدروفیلی آن‌ها می‌شود [۳]. استفاده از نشاسته طبیعی ممکن است سبب برخی مشکلات مانند کاهش پایداری در طی نگهداری، ایجاد بافت نامناسب و کمبود مقاومت ژل شود. بدین منظور، از روش‌های مختلفی برای اصلاح آن استفاده می‌شود [۴]. نشاسته استیل شده نوعی از اصلاح شیمیایی است که گروه‌های استیل در طول ستون فقرات پلیمری^۱ [۵-۸] (روی مونومرهای گلوکز- کربن ۲، ۳، ۶) [۹] قرار می‌گیرند. این نوع نشاسته دمای ژلاتینه شدن را کاهش و شفافیت، ویسکوزیته و ثبات انجامد را افزایش می‌دهد [۵-۸]. سیب‌زمینی چهارمین محصول غذایی مهم در جهان پس از گندم، برنج و ذرت محسوب می‌شود [۱۰] که نشاسته ۲۰-۱۵٪ آن را تشکیل می‌دهد [۱۱]. یکی از ویژگی‌هایی که برای نشاسته‌های سیب‌زمینی بسیار ارزشمند است، ظرفیت آن‌ها برای تشکیل ژل‌های شفاف در زمانی که ژلاتینه شدن اتفاق می‌افتد، می‌باشد [۱۲]. طبق مقاله‌ای که در زمینه‌ی نحوه‌ی اثرگذاری انواع نشاسته (سیب‌زمینی، گندم و ذرت) بر خواص فیزیکی‌شیمیایی فیلم‌های خوراکی انجام شد، فیلم‌های بر پایه نشاسته سیب‌زمینی دارای شفافیت بیشتر و بافتی همگن‌تر بودند و مانع بزرگ‌تری در برابر اکسیژن و بخار آب محسوب

2. *Vitis vinifera*

1. Polymetric Spine

آزمایشی محسوب می‌شود لذا پوشش‌دهی خوشه‌ها همزمان با انتخاب بهترین ترکیب پوشش صورت گرفت.

۲.۲. فرمولاسیون پوشش‌ها

ابتدا با استفاده از روش سطح پاسخ و طرح عرف بهینه، غلظت‌های ترکیبات ژل امولسیون (نشاسته سیب‌زمینی استیله شده و روغن سبوس برنج) تعیین و سپس در نسبت‌های تعیین شده مخلوط شدند (در حمام آب گرم تحت دمای °C ۹۰ به مدت ۵ min) [۲۴]. پس از خنک شدن با افزودن ۲٪ توئین ۸۰ به عنوان امولسیفایر تحت سرعت‌های مختلف اولتراتورکس به مدل تی ۲۵ دیجیتال^۲ (برحسب ۲۲-۷ rpm) و به مدت ۵ min همگن گشتند [۲۵].

۳.۲. پوشش‌دهی خوشه‌های انگور

خوشه‌های انگور (هر تیمار شامل یک خوشه) در دمای °C ۲۰ و به روش غوطه‌وری به مدت ۱ min پوشش داده شده و پس از خشک شدن در هوای اتاق به مدت ۵ min بر سطح میوه، در ظروف یک بار مصرف بدون درب قرار داده و در کنار گروه شاهد (بدون پوشش) تحت شرایط مشابه [۱۹] (دمای °C ۴ و رطوبت ۷۰٪) به مدت ۴ هفته در سردخانه نگهداری شدند. همچنین هر ۲ هفته، TSS^۳، TA^۴، pH، بافت و افت وزن نمونه‌ها مورد آنالیز قرار گرفتند [۲۶]. همچنین در پایان دوره‌ی انبارمانی درصد فساد حبه‌های انگور محاسبه گردید.

۴.۲. آزمون‌ها

۱.۴.۲. آزمون فیزیکی

۱.۱.۴.۲. اندازه‌گیری پایداری ژل امولسیونی

جهت اندازه‌گیری پایداری ژل امولسیونی، مقدار مشخصی از ژل داخل فالكون ریخته شد و به مدت ۳۰ min در دمای °C ۲۵ با دور rpm ۳۶۰۰ سانتریفیوژ به مدل دی ۵۷۲^۵ گردید. فاز جدا شده با وارونه کردن فالكون بر روی کاغذ صافی از ظرف خارج شد. بر اساس نسبت وزن ثانویه فالكون

خوردن پوسته حبه و فراهم شدن محیط مناسب برای تغذیه و حمله عوامل فساد به میوه می‌شود، مشکل می‌باشد [۲۳]. در این پژوهش، با بهره‌گیری از پوشش خوراکی حاوی نشاسته سیب‌زمینی استیله شده و روغن سبوس برنج، ماندگاری میوه انگور، در مدت ۴ هفته از طریق اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آن مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. مواد

خوشه‌های انگور، رقم عسگری- دارای پوست ضخیم می‌باشد که طعمی بسیار شیرین و قابلیت انبارمانی بالایی دارد و در اواخر تیر ماه برداشت می‌شود- از شهرستان کاشمر تهیه و بلافاصله جهت رسیدن به دمای مطلوب به سردخانه انتقال یافتند. قبل از شروع آزمایش‌ها، حبه‌های خراب جداسازی و خوشه‌ها با آب مقطر شسته شده و قطرات آب باقی‌مانده از شستشو در شرایط آزمایشگاهی خشک گردیدند. همچنین حبه‌ها از نظر اندازه و رنگ و شکلی یکنواخت جداسازی شدند.

نشاسته سیب‌زمینی استیله شده (۲/۵٪) از شرکت ارشا پویه (تهران)- تحت نظارت کشور دانمارک- خریداری گشت. روغن سبوس برنج تصفیه شده از نمایندگی شرکت روغن سمن (واقع در خراسان رضوی- مشهد) با درصد خلوص ۹۹/۹۹ فراهم شد.

از روش سطح پاسخ و طرح عرف بهینه^۱ (به دلیل متفاوت بودن سطوح ترکیبات سازنده پوشش) با ۲۰ تیمار و ۲ تکرار تحت ۳ متغیر مستقل شامل نشاسته سیب‌زمینی استیله شده در ۳ سطح (۳، ۵، ۷ gr) و روغن سبوس برنج در ۵ سطح (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ gr) و سرعت هموزن کردن در ۳ سطح (۷، ۱۴/۵ و ۲۲ rpm) جهت بهینه‌یابی بهره گرفته شد. پارامترهای افت وزن (درصد)، پایداری (درصد) و a_w (درصد) به عنوان پاسخ‌های آزمایش برای بررسی اثر سطوح مختلف تیمارها بر آن‌ها، در نظر گرفته شدند. به دلیل اینکه افت وزن میوه حامل پوشش خوراکی یکی از پاسخ‌های اصلی طرح

2. IKA, Model T25 digital. ULTRA- TURRAX. Made in Germany

3. Total soluble solids

4. Total acidity

5. Model D72 . Made in Germany

1. Optimal Custom

معرف فنل فتالین تیترا شد [۱۹]. نتایج بر حسب گرم اسید تارتاریک (اسید غالب انگور) در ۱۰۰ gr بیان شدند. محاسبه میزان اسیدیته به صورت نسبت حاصل ضرب ۱۰۰، ۰/۰۰۷۵ و میزان سود مصرفی بر حسب میلی‌متر (N) به میزان حجم مصرفی از عصاره‌ی میوه (S) صورت گرفت [۳۱]:

$$TA = \frac{100 \times 0.0075 \times N}{S} \quad (۴)$$

۴.۲.۴.۲. تعیین pH

برای این منظور، pH عصاره صاف شده آب‌میوه با دستگاه pH متر به مدل سی‌پی ۴۱۱ اندازه‌گیری شد [۳۲].

۵.۲.۴.۲. بافت

جهت ارزیابی تغییرات بافتی حبه‌های انگور پوشش‌دهی شده از دستگاه بافت سنج به مدل سی‌تی ۳ و آزمون سوراخ کردن بهره گرفته شد. پروب استوانه‌ای شکل به قطر ۱ mm و با سرعت ۵۰ mm/min تا عمق ۵ mm به درون بافت نمونه نفوذ کرد [۳۳]. پارامترهای مورد اندازه‌گیری: سختی^۶ (حداکثر نیرو برای تغییر شکل مورد نظر)^۷ و کار سختی^۸ (انرژی لازم جهت رسیدن به اولین تغییر شکل مورد نظر یا همان مساحت سطح زیر منحنی نیرو- تغییر شکل) می‌باشند [۳۴].

۶.۲.۴.۲. درصد فساد

درصد خرابی به صورت مشاهده‌ای ارزیابی شد. با مشاهده گستردگی میسل‌های کپک روی انگور و ایجاد لکه‌های قهوه‌ای و خاکستری در سطح، حبه فاسد حذف شد. درصد فساد به صورت نسبت میزان حبه‌های خراب به کل حبه‌های موجود ضرب در ۱۰۰ محاسبه گردید [۳۵].

$$\text{درصد فساد} = \left(\frac{\text{میزان حبه‌های خراب}}{\text{میزان حبه‌های موجود}} \right) \times 100 \quad (۵)$$

۵.۲. طرح آماری

جهت بررسی نتایج و تعیین شرایط بهینه تولید پوشش

محتوی ژل امولسیون به وزن اولیه آن ضرب در ۱۰۰، درصد پایداری محاسبه گشت [۲۷]:

$$(۱) \quad 100 \times \left(\frac{\text{وزن ژل امولسیونی باقی مانده}}{\text{وزن ژل امولسیونی اولیه}} \right) = \text{درصد پایداری ژل امولسیونی}$$

۲.۱.۴.۲. اندازه‌گیری فعالیت آبی ژل امولسیونی

جهت اندازه‌گیری فعالیت آبی از دستگاه سنجش فعالیت آبی به مدل هیدرولب^{۱۳} استفاده شد. بدین صورت که در دمای ۲۰ °C وزن‌های مساوی از هر نمونه پوشش در دستگاه ریخته شده و پس از برقراری تعادل، بر اساس نسبت رطوبت نسبی تعادلی به ۱۰۰، میزان فعالیت آبی محاسبه گردید [۲۸].

$$(۲) \quad \text{رطوبت نسبی تعادلی} = \frac{\text{فعالیت آبی}}{100}$$

۲.۴.۲. آزمون شیمیایی

۱.۲.۴.۲. افت وزن

جهت اندازه‌گیری افت وزن، نمونه‌ها هر دو هفته یک بار، با ترازوی دیجیتالی با دقت ± 0.01 g با مدل جی‌تی ۲۱۰۰ توزین و کاهش وزن آن‌ها از طریق نسبت اختلاف وزن اولیه و ثانیه خوشه به وزن اولیه آن، به صورت درصد تعیین و گزارش گردید [۲۹].

$$(۳) \quad \text{افت وزن} = \left(\frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \right) \times 100$$

۲.۲.۴.۲. تعیین مواد جامد محلول کل (TSS)

برای مقایسه TSS میوه‌های پوشش‌دار و شاهد، کل مواد جامد موجود در میوه‌ها بعد از کالیبره کردن دستگاه رفراکتومتر به مدل پال^۳ با آب مقطر و در دمای اتاق در ۳ تکرار اندازه‌گیری و به صورت درصد گزارش شد [۱۹].

۳.۲.۴.۲. تعیین اسیدیته کل (TA)

درصد اسیدیته میوه از طریق تیترا کردن با سود ۰/۱ N تا رسیدن به pH ۸/۱ اندازه‌گیری می‌شود [۳۰]. ۵ ml آب انگور صاف شده در ۹۵ ml آب مقطر [۳۱] و در حضور

4. Model CP-411. Made in England

5. Model CT-3. Made in USA

6. Hardness

7. Target deformation

8. Hardness work

1. Model HYDROLAB-3. Made in Switzerland

2. Model 2100GT. Made in USA

3. Model PAL-3. Made in USA

۳. نتایج و بحث

۱.۳. بهینه‌سازی پوشش خوراکی

با توجه به نتایج حاصل شده، کمینه میزان افت وزن، پایداری و a_w به ترتیب ۲/۴۴٪ (نمونه ۱۹)، ۶۶/۵۲٪ (نمونه ۶) و ۰/۷۷٪ (نمونه ۶) و بیشینه میزان پاسخ‌های بالا به ترتیب ۱۸/۲۱٪ (نمونه ۳)، ۹۳/۶٪ (نمونه ۲) و ۰/۹٪ (نمونه ۵) محاسبه شد (جدول ۱).

خوراکی بر پایه نشاسته سیب‌زمینی استیل شده و روغن سبوس برنج و نیز مشاهده تأثیر سطوح مختلف ترکیبات سازنده پوشش خوراکی بر میزان پارامترهای pH، TA، TSS، بافت انگور در طی نگهداری از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت^۱ بهره گرفته شد. همچنین از نرم‌افزار اکسل^۲ و دیزاین اکسپرت جهت مقایسه نتایج مربوط به تغییرات پارامترهای کیفی ذکر شده خوشه‌های انگور استفاده گردید.

جدول (۱) نتایج حاصل از تهیه ژل امولسیون.

Table 1. The results of the preparation of Emulsion gel.

مشاهدات Observations	نشاسته سیب‌زمینی استیل شده (گرم) Acetylated Potato Starch (gr)	روغن سبوس برنج (گرم) Rice Bran Oil (gr)	سرعت هم‌وزن کردن (دور بر دقیقه) Homogenize speed (rpm)	درصد a_w (%)	درصد پایداری % Stability	درصد افت وزن Weight loss %
1	7	1	14.5	0.8	88.6	5.44
2	7	2	22	0.81	93.6	4.94
3	7	0	22	0.84	76.75	18.21
4	7	1	14.5	0.86	91.94	5.9
5	7	0	7	0.9	91.46	6.17
6	7	2	7	0.77	66.52	6.83
7	7	0	22	0.83	74.29	5.67
8	7	0.5	7	0.81	72.25	5.11
9	3	0	7	0.82	80.26	5.17
10	3	2	22	0.78	78.73	2.47
11	7	0	22	0.89	91.85	5.11
12	7	1	7	0.86	89.61	4.5
13	3	1.5	14.5	0.79	76.26	6.1
14	3	0.5	14.5	0.81	69.52	6.3
15	5	1	22	0.83	86.15	4.3
16	3	0.5	14.5	0.81	76.56	5.046
17	5	2	14.5	0.78	84.54	4.054
18	5	0	14.5	0.82	80.21	4.52
19	7	2	7	0.79	90.69	2.44
20	5	1	22	0.80	84.34	4.2

1. Design-Expert (10.0.3.0-x64-Softcozar.com.msi)

2. Excel (Microsoft Excel 2013(15.0.4569.1504)

به خوبی پیش‌بینی کند. با توجه به جدول ۲، غلظت APS^۱ و اثر درجه دو آن، همچنین اثرات متقابل APS و RBO^۲ (X₁X₂) بر افت وزن معنادار بوده ولی غلظت RBO (X₂) بر این متغیر تأثیرگذار نیست. معادله رگرسیونی خطی مرتبه دو، برای تخمین اثرات متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته به صورت معادله (۶) نمایش داده شد:

مقدار P < ۰/۰۰۱۵ برای مدل مربوط به میزان افت وزن نمونه انگور در مرحله بهینه‌سازی پوشش (جدول ۲) تطابق آن با داده‌های آزمایشی را بیان می‌کند. از طرفی مقدار عددی ضریب تبیین برای افت وزن R² = ۰/۷۷ بود؛ بنابراین این نتیجه حاصل می‌شود که مدل رگرسیونی توانسته رابطه بین متغیرهای مستقل (نشاسته سیب‌زمینی استیله شده، روغن سبوس برنج و سرعت هم‌وزن کردن) و وابسته (افت وزن) را

$$Y_1 = +10.03724 - 2.24489X_1 + 1.51171X_2 - 0.30214X_1X_2 + 0.23290X_1^2 \quad (۶)$$

جدول (۲) نتایج آنالیز واریانس برای معادله درجه دو مربوط به افت وزن.

Table 2. ANOVA results for the quadratic equation for weight loss.

P	F	میانگین مربعات Mean Square	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی Degree of freedom	ضرایب رگرسیون Regression coefficients	متغیرها Variables
0.0052 **	12.07	2.02	2.02	1	-0.44	نشاسته سیب‌زمینی استیله شده (APS)X ₁
0.9945 ns	4.899E-005	8.203E -006	8.203E -006	1	+9.906E -004	روغن سبوس برنج X ₂ (RBO)
0.0042 **	12.96	2.17	2.17	1	+0.93	X ₁ X ₂
0.0021 **	15.91	2.66	2.66			X ₁ ²
0.0015 **	9.39	1.57	6.29	4	-	مدل (Model)
-	-	0.17	1.84	11	-	باقی‌مانده (Residual)
0.8695 ns	0.39	0.12	0.94	8	-	فقدان برازش (Lack of fit)
-	-	0.30	0.90	3	-	خطای خالص (Pure Error)
-	-	-	10.52	16	-	کل (Total)

$$R^2=0.77, R^2_{adj}=0.69$$

نتایج آنالیز واریانس برای معادله خطی مربوط به پایداری در جدول (۳) نمایش داده شده است. مقدار P < ۰/۰۰۰۱ به دست آمده برای مدل حاکی از تطابق آن با داده‌های آزمایشی است که مقدار بالای R² = ۰/۹۲، نشان از قدرت خوب مدل برای پیش‌بینی روابط بین متغیرها می‌باشد. معناداری غلظت X₁

کاملاً مشهود است و تأثیرگذاری بسیار آن را بر پایداری ژل امولسیونی بیان می‌کند. معادله خطی برای تخمین اثر متغیر مستقل بر پایداری در معادله (۷) آمده است:

1. Acetylated Potato Starch
2. Rice Bran Oil

$$Y_2 = +65.77187 + 3.46706X_1 + 0.75566X_2 + 0.019376X_3 \quad (7)$$

جدول (۳) نتایج آنالیز واریانس برای معادله خطی مربوط به پایداری.

Table 3. ANOVA results for linear equation related to stability.

P	F	میانگین مربعات Mean Square	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی Degree of freedom	ضرایب رگرسیون Regression coefficients	متغیرها Variables
<0.0001 ***	135.18	552.65	552.65	1	+6.93	نشاسته سیبزمینی استیله شده X ₁ (APS)
0.2697 ^{ns}	1.34	5.48	5.48	1	+0.76	روغن سبوس برنج X ₂ (RBO)
0.8281 ^{ns}	0.049	0.20	0.20	1	+0.15	سرعت همزدن X ₃ (Stirring speed)
<0.0001 ***	52.22	213.48	640.45	3	-	مدل (Model)
-	-	3.93	49.06	12	-	باقی مانده (Residual)
0.4714 ^{ns}	1.26	4.07	38.82	9	-	فقدان برازش (Lack of fit)
-	-	3.41	10.24	3	-	خطای خالص (Pure Error)
-	-	-	689.51	16	-	کل (Total)

$$R^2=0.92, R^2_{adj}=0.91$$

جدول (۴) بیانگر تجزیه و تحلیل واریانس معادله خطی a_w تأثیرگذاری زیاد غلظت‌های X_1 و X_2 ($P<0.0001$) بر مقادیر (متغیر وابسته) می‌باشد. $P<0.0001$ برای مدل، هم‌خوانی آن با داده‌ها را توجیه می‌کند. $R^2=0.82$ نیز توان پیش‌بینی مدل در راستای رابطه بین متغیرها را تأیید می‌کند. همچنین

تأثیرگذاری زیاد غلظت‌های X_1 و X_2 ($P<0.0001$) بر مقادیر فعالیت آبی (a_w) ژل امولسیون به دست آمد. معادله خطی اثرگذاری متغیرهای مستقل بر میزان متغیر وابسته به شکل معادله (۸) نوشته شد:

$$Y_3 = +0.77958 + 0.013048X_1 - 0.031816X_2 + 5.15494E - 004 X_3 \quad (8)$$

جدول (۴) نتایج آنالیز واریانس برای معادله خطی مربوط به a_w .

Table 4. ANOVA results for linear equation related to a_w .

P	F	میانگین مربعات Mean Square	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی Degree of freedom	ضرایب رگرسیون Regression coefficients	متغیرها Variables
<0.0001 ***	30.41	8.950E-003	8.950E-003	1	+0.026	نشاسته سیبزمینی استیله شده X ₁ (APS)
<0.0001 ***	39.96	0.012	0.012	1	-0.032	روغن سبوس برنج X ₂ (RBO)
0.4371 ^{ns}	0.64	1.883E-004	1.883E-004	1	+3.866E-003	سرعت همزدن X ₃ (Stirring speed)
<0.0001 ***	21.95	6.354E-003	0.019	3	-	مدل (Model)
-	-	2.943E-003	4.120E-003	14	-	باقی مانده (Residual)
0.3142 ^{ns}	1.97	3.291E-004	3.620E-003	11	-	فقدان برازش (Lack of fit)
-	-	1.667E-004	5.000E-004	3	-	خطای خالص (Pure Error)
-	-	-	0.023	18	-	کل (Total)

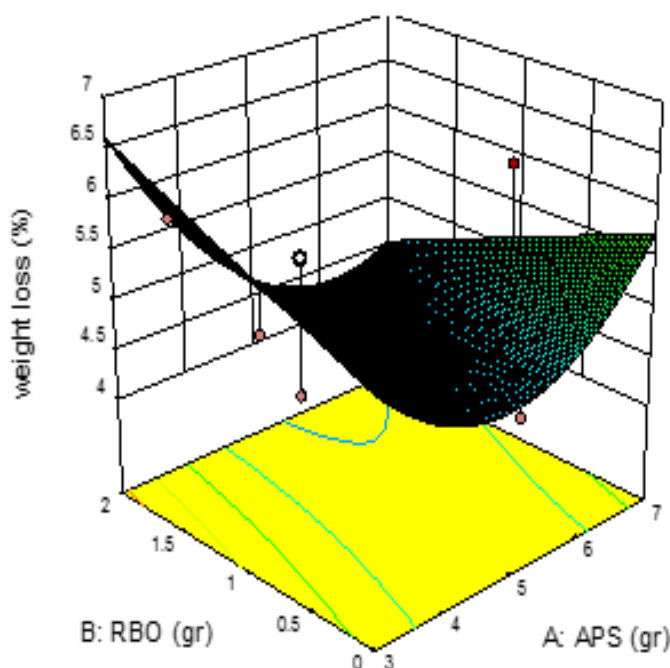
$$R^2=0.82, R^2_{adj}=0.78$$

میوه طی انبارمانی، وزن آن کاهش یافت اما در ادامه نگهداری محصول، محیط با اعمال رطوبت خود، روند کاهش وزن انگور را کند کرد و حتی سبب افزایش وزن نمونه نیز گشت. همچنین افزایش غلظت RBO، تأثیر معناداری بر میزان افت وزن گذاشت به طوری که کم‌ترین درصد افت وزن را در غلظت‌های بالای دو متغیر مستقل مشاهده شد. پس روغن سبوس برنج به خوبی توانسته با ممانعت از عبور رطوبت، از افت آن طی انبارمانی جلوگیری نماید.

۲.۳. اثر سطوح مختلف نشاسته سیب‌زمینی استیله

شده و روغن سبوس برنج بر میزان افت وزن

برای نمایش تغییرات میزان افت وزن با متغیرهای مستقل (نشاسته سیب‌زمینی استیله شده و روغن سبوس برنج)، منحنی سطح پاسخ سه بعدی ترسیم شد (شکل ۱). همان‌طور که مشهود است با افزایش غلظت APS، افت وزن ابتدا افزایش و سپس روند نزولی پیدا کرد. این اختلاف نتیجه را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که به دلیل افت رطوبت ذاتی



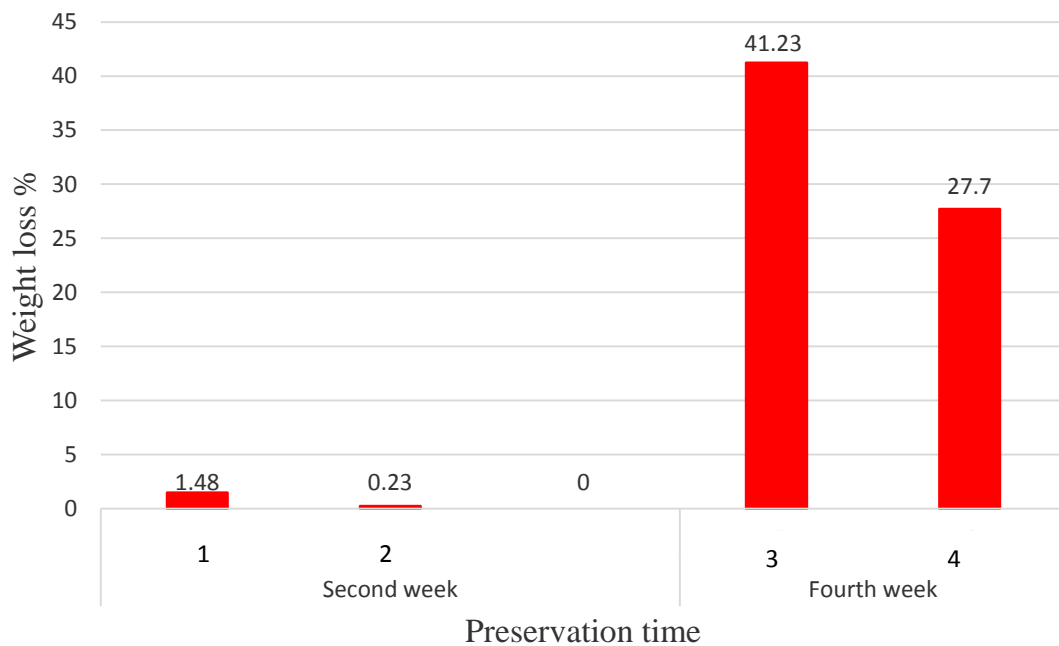
شکل (۱) اثر سطوح مختلف نشاسته سیب‌زمینی استیله شده و روغن سبوس برنج بر میزان درصد افت وزن خوشه‌ها
Fig 1. The effect of different levels of Acetylated Potato Starch and Rice Bran Oil on the weight loss of the clusters

گردید که سوسپس‌های حاوی این ژل از لحاظ افت پخت، اختلاف معناداری با نمونه شاهد داشتند به گونه‌ای که با افزایش درصد این ژل، افت پخت کاهش پیدا کرد [۲۱]. نتایج بالا با گزارشی در زمینه پوشش‌دهی لیمو و فلفل با واکس سبوس برنج مطابقت دارد [۳۷].

تغییرات افت وزن طی نگهداری بین نمونه بدون پوشش (شاهد) و نمونه با پوشش بهینه در شکل (۲)، نشان می‌دهد که افت وزن خوشه‌های شاهد به صورت معناداری بیش‌تر از نمونه‌های پوشش داده شده با ژل امولسیون بهینه است. این

پوشش‌های خوراکی که با ایجاد غشایی نیمه‌تراوا مانعی در برابر گازها و بخار آب محسوب می‌شوند، سبب کاهش تنفس و افت رطوبت می‌گردند [۳۶]. در پژوهشی مبتنی بر بررسی میزان افت وزن میوه‌های کیوی پوشش داده شده با ترکیب پروتئین آب پنیر و روغن سبوس برنج، نتایج نشان داد که بعد از ۴ هفته نگهداری در دمای ۸ °C، بیش‌ترین میزان افت وزن در میوه‌های شاهد وجود داشت [۱۹]. در راستای تأثیر درصدهای مختلف جایگزینی ژل امولسیونی مشتمل بر اینولین و روغن سبوس برنج بر افت پخت سوسپس مشخص

نتیجه، کارآمدی پوشش‌دهی میوه و رسیدن به هدف این آزمایش که همان کاهش افت وزن خوشه‌ها پس از انبارمانی و ماندگاری آن‌ها می‌باشد را می‌رساند.



شکل (۲) مقایسه افت وزن بین نمونه شاهد و نمونه حاوی پوشش بهینه:

هفته دوم نگهداری: (۱) شاهد- بدون پوشش، (۲) پوشش بهینه؛ هفته چهارم نگهداری: (۳) شاهد- بدون پوشش، (۴) پوشش بهینه.

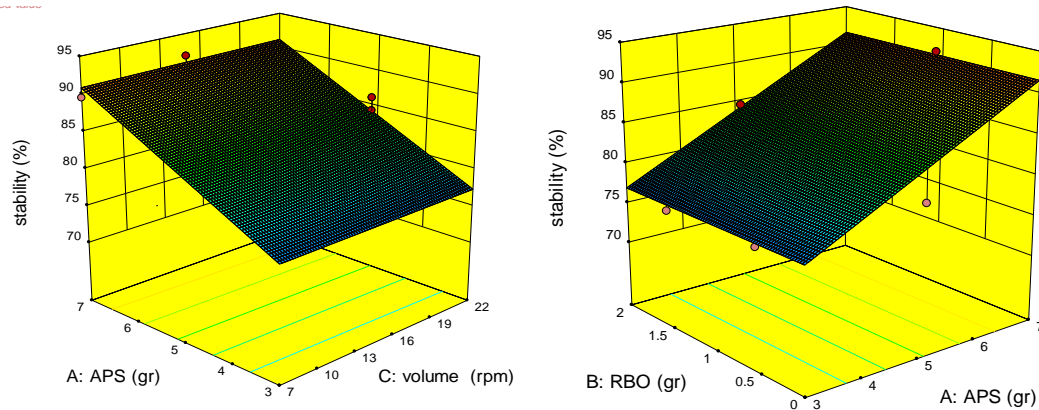
Fig 2. Comparison of weight loss between control and containing optimum edible samples:

The second week of preservation: Control- optimum edible (1), optimum edible (2); The fourth week of preservation: Control- optimum edible (3), optimum edible (4).

می‌باشد. محققان در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که هیدروکلوئیدها اصولاً مولکول‌های آب‌دوستی هستند که با حضورشان از طریق افزایش فاز آبی پیوسته اطراف قطرات فاز پراکنده و تثبیت آن‌ها در شبکه ژل مانند، سرعت خامه‌ای شدن را کاهش و در نتیجه پایداری امولسیون را افزایش می‌دهند [۳۸]. در تعمیم بحث بالا، در پوشش‌دهی سوسیس، این نتیجه حاصل شد که با افزایش میزان اینولین به عنوان یک هیدروکلوئید، پایداری ژل امولسیونی افزایش یافت. در مقادیر بالای این ماده، اتصالات پلیمرهای آن با یکدیگر افزایش پیدا کرده و در نتیجه شبکه کریستالی الاستیک و مستحکمی را ایجاد می‌کند که از وقوع پدیده خامه‌ای شدن جلوگیری می‌کند بدین ترتیب پایداری و استحکام ژل امولسیونی افزایش می‌یابد [۲۱].

۳.۳. اثر سطوح مختلف نشاسته سیب‌زمینی استیله شده، روغن سبوس برنج و سرعت هم زدن بر میزان پایداری ژل امولسیونی

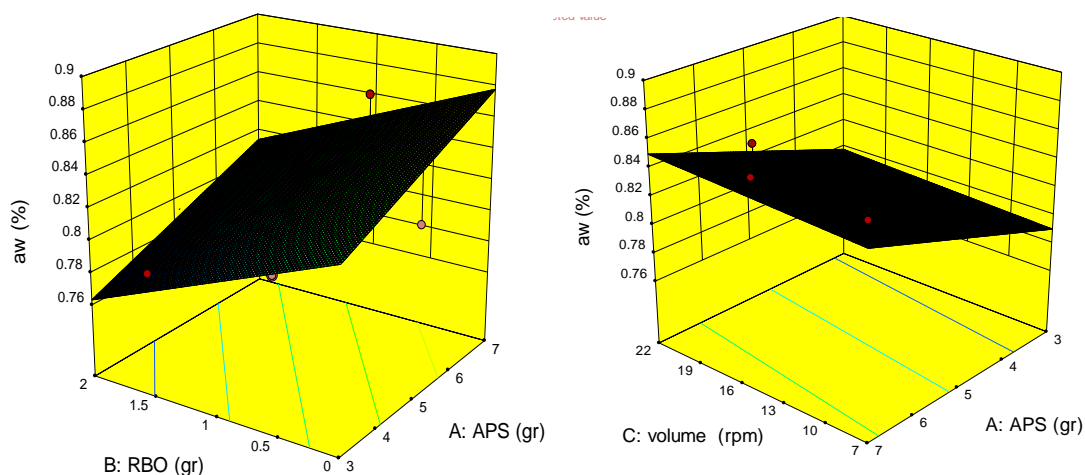
شکل (۳)، تأثیر سطوح مختلف نشاسته سیب‌زمینی، روغن سبوس برنج و سرعت هم زدن را بر میزان پایداری ژل امولسیونی نمایش می‌دهد. بر طبق این شکل، با افزایش غلظت APS، پایداری، روند صعودی را به صورت خطی طی کرد و بیش‌ترین پایداری در بالاترین سطح نشاسته سیب‌زمینی استیله شده به دست آمد؛ اما در هیچ کدام از مقادیر RBO و Volume (سرعت همگن‌سازی) تغییری در پایداری ژل امولسیونی مشاهده نشد. دلیل آن می‌تواند استحکام هرچه بیش‌تر ژل به دلیل پر کردن بیشینه فضاهای خالی بین دو فاز پیوسته و پراکنده و اختلاط بیش‌تر و بهتر آن‌ها باشد که عامل ژل‌کننده پارامتر مؤثر این جریان



شکل (۳) اثر سطوح مختلف نشاسته سیب‌زمینی استیله شده، روغن سبوس برنج و سرعت هم‌زدن بر میزان پایداری ژل امولسیون
Fig 3. The effect of different levels of Acetylated Potato Starch, Rice Bran Oil and the Speed of stirring on the stability of the emulsion gel

معکوسی به دست آمد؛ بدین گونه که با افزایش سطح آن، فعالیت آبی ژل امولسیونی افزایش یافت. روش‌هایی نظیر خشک‌کردن نشاسته به مدت ۳ روز در دمای 60°C ، اصلاحات شیمیایی یا فیزیکی دیگر و استفاده از ترکیبات خوراکی دیگر (پلاستی‌سایزرهایی چون روغن‌های خوراکی، سوربیتول، گلیسرول، گزیتول و...) که بدون تأثیرگذاری بر طعم محصول، سبب ماندگاری بیش‌تر و کاهش a_w به میزان مطلوب (کمتر از 0.08) می‌شوند، می‌توان استفاده کرد. همچنین سطوح مختلف X_3 ، هیچ‌گونه تأثیری بر میزان فعالیت آبی ژل نداشتند.

۴.۳. اثر سطوح مختلف نشاسته سیب‌زمینی استیله شده، روغن سبوس برنج و سرعت هم‌زدن بر میزان a_w ژل امولسیونی
 شکل (۴)، تأثیر سطوح مختلف نشاسته سیب‌زمینی استیله شده، روغن سبوس برنج و سرعت هم‌زدن بر فعالیت آبی را به وضوح نشان می‌دهد. افزایش غلظت هر دو متغیر نشاسته سیب‌زمینی استیله شده و روغن سبوس برنج، تأثیر بسیار معناداری ($P < 0.0001$) بر تغییرات پارامتر فعالیت آبی داشته است؛ چشم‌گیری اثر تا حدی است که بیش‌ترین و کم‌ترین a_w را به ترتیب در کم‌ترین، 0 gr و بیش‌ترین مقدار، 3 gr RBO حاصل شد اما در مورد APS، به طور محسوسی نتایج



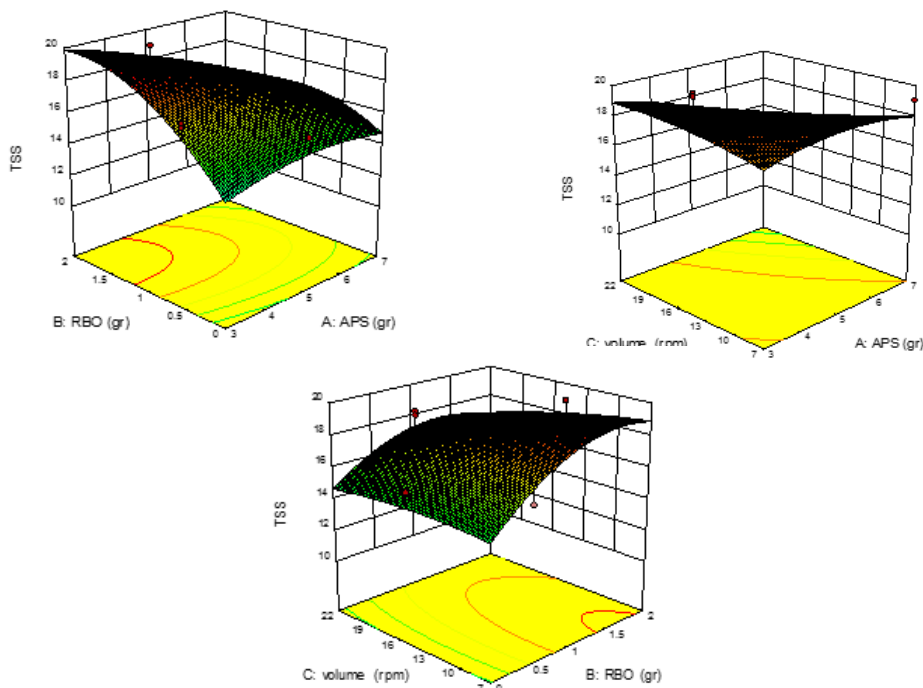
شکل (۴) اثر سطوح مختلف نشاسته سیب‌زمینی استیله شده، روغن سبوس برنج و سرعت هم‌زدن بر میزان a_w ژل امولسیونی
Fig 4. The effect of different levels of Acetylated Potato Starch, Rice Bran Oil and the Speed of stirring on the amount of a_w emulsion gel

قندها و بخش کوچکی از آن نیز شامل اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد. میزان مواد جامد محلول با رسیدن میوه افزایش می‌یابد [۱۹]. همان‌طور که در شکل (۵) نشان داده شده است، در هفته دوم نگهداری، بیش‌ترین TSS در بیشینه غلظت روغن، ۲ gr به دست آمد. همچنین با افزایش سرعت هم زدن (Volume) و APS، این پارامتر با شیب کمی کاهش یافت و بیشینه مقدار آن در ۳ gr نشاسته مشاهده شد. افزایش مواد جامد قابل حل در طول مدت انبارمانی، به دلیل افت رطوبت محصول و تجزیه قندهای مرکب به قندهای ساده اتفاق می‌افتد. در پایان دوره‌ی دوم نگهداری خوشه‌ها، افزایش سطوح نشاسته باعث کاهش TSS با شیب زیادی شد؛ اما اثر پارامتر RBO تغییری نکرد. در این دوره، فاکتور سرعت همگن‌سازی اثر عکسی از خود نشان داد به طوری که بیشینه مواد جامد محلول در ۲۲ rpm حاصل شد (شکل ۶). این تفاوت تغییرات بریکس در دو دوره‌ی نگهداری را می‌توان به تغییرات رطوبتی در میوه انگور نسبت داد.

فیلم‌های بر پایه نشاسته در ترکیب با یک نانولایه لیپیدی (روغن آفتاب‌گردان) منجر به افزایش استحکام کششی، کاهش ضرایب انتشار آب و فعالیت آبی می‌شوند [۳۹]. از آنجا که این فیلم‌ها به رطوبت حساس هستند با افزودن روغن‌ها، می‌توان از محتوای آبی کاسته شود [۴۰]. با توجه به مطالب بالا، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سطح مصرفی روغن سبوس برنج به عنوان پلاستی‌سایزر در ترکیب پوشش خوراکی، محتوای آبی مطلوبی (کمتر از ۰/۰۸) برای ژل امولسیون ایجاد خواهد شد. مدل‌های توسعه یافته مربوط به افت وزن نمونه‌ها، پایداری و a_w ژل امولسیون پیش‌بینی کردند که بهره‌گیری از ۰/۲ روغن سبوس برنج، ۶/۵۷٪ نشاسته سیب‌زمینی استیله شده و سرعت هم‌وزن کردن ۷rpm، منجر به ایجاد ژل امولسیونی با بیش‌ترین پایداری و کم‌ترین a_w می‌شود.

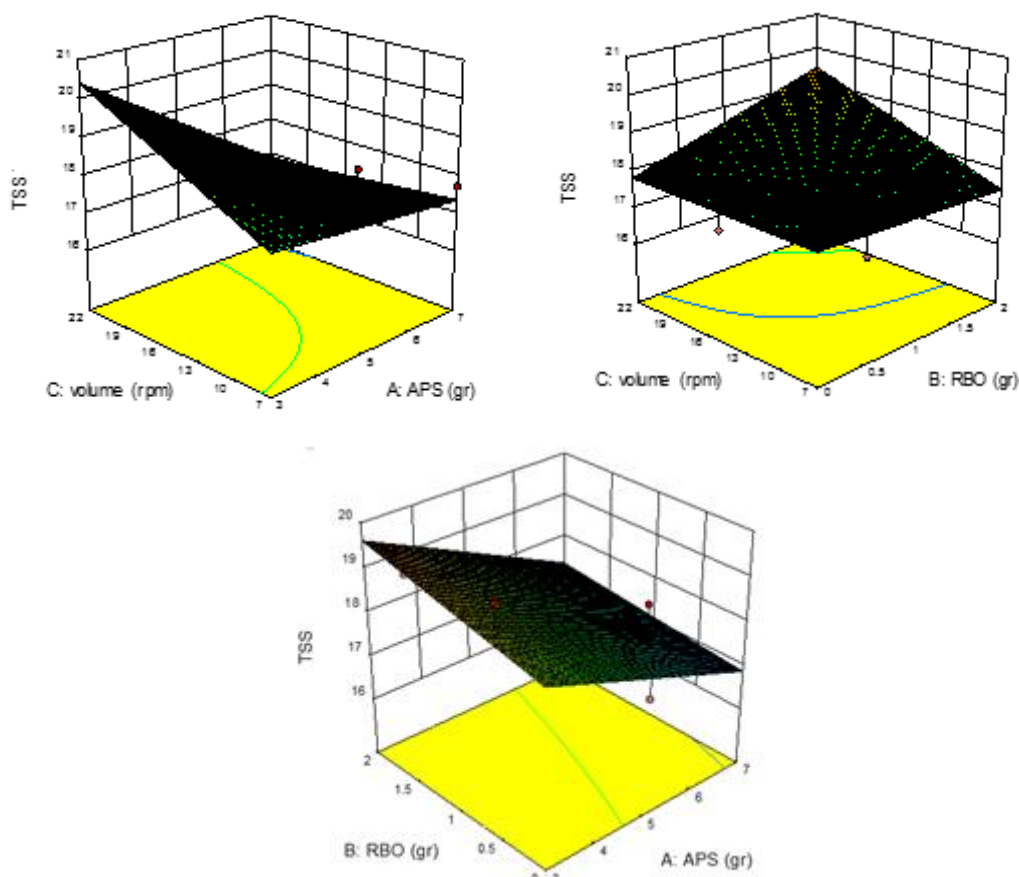
۵.۳. تأثیر پوشش خوراکی بر میزان TSS

درصد قابل توجه‌ای از مواد جامد قابل حل در میوه حاوی



شکل (۵) اثر سطوح مختلف APS، RBO و Volume بر پارامتر TSS در هفته دوم نگهداری

Fig 5. The effect of different levels of APS, RBO and Volume on the TSS parameter in the second week of preservation



شکل (۶) اثر سطوح مختلف APS، RBO، و Volume بر پارامتر TSS در هفته چهارم نگهداری.

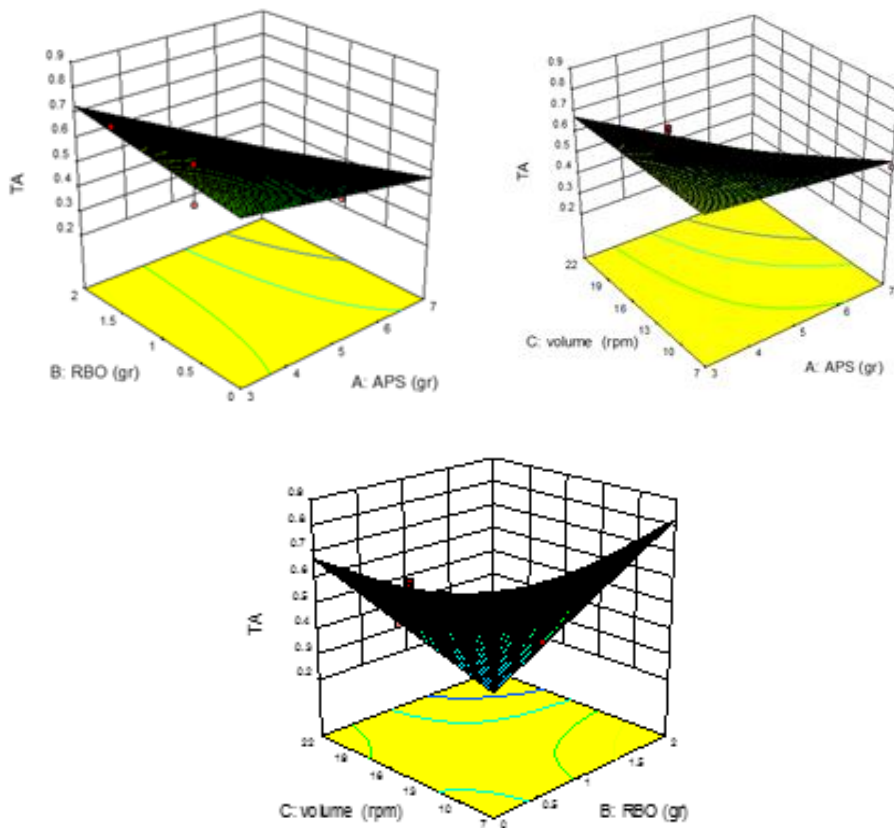
Fig 6. The effect of different levels of APS, RBO and Volume on the TSS parameter in the Fourth week of preservation.

کاهش می‌یابد و طعم ترش در محصول کم می‌شود. میزان این اسیدها در دوره‌ی برداشت، به محتوای مواد جامد محلول و سرعت تجزیه اسیدها بستگی دارد [۱۹]. شکل (۷)، نشان می‌دهد که با افزایش غلظت نشاسته و سرعت همگن‌سازی، اسیدیته کاهش یافت و بیش‌ترین میزان TA در پایین‌ترین سطوح این دو متغیر، ۳ gr و ۷ rpm به دست آمد؛ اما در هفته چهارم انبارمانی، نتایج متفاوتی رقم خورد به طوری که با افزایش APS و Volume، روند صعودی را برای میزان اسیدیته در پی داشت (شکل ۸).

این نتیجه با گزارش داده شده در زمینه پوشش‌دهی کیوی، انگور قزل اوزوم و توت‌فرنگی تازه [۱۹، ۴۱، ۴۲] مطابقت داشت. از طرفی زیاد بودن TSS برای نمونه حاوی پوشش بهینه در اوایل دوره انبارمانی را می‌توان به مواد جامد محلول موجود در پوشش خوراکی نسبت داد.

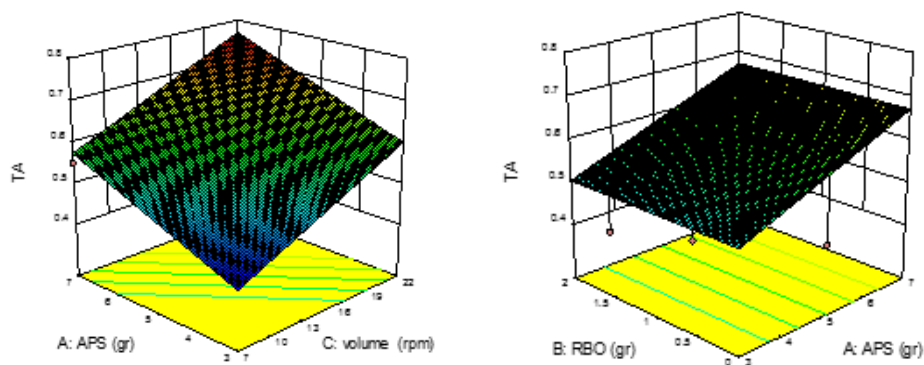
۶.۳. تأثیر پوشش خوراکی بر میزان TA

میزان اسیدهای قابل تیتراسیون (TA) به رسیدگی میوه بستگی دارد به طوری که با رسیدن آن، میزان اسیدهای آلی



شکل (۷) اثر سطوح مختلف APS، RBO و Volume بر پارامتر TA در هفته دوم نگهداری

Fig 7. The effect of different levels of APS, RBO and Volume on the TA parameter in the Second week of preservation



شکل (۸) اثر سطوح مختلف APS، RBO و Volume بر پارامتر TA در هفته چهارم نگهداری

Fig 8. The effect of different levels of APS, RBO and Volume on the TA parameter in the Fourth week of preservation

در دو هفته پایانی به دلیل رطوبت‌گیری مجدد نمونه از محیط، TSS میوه در این دوره کاهش و اسیدیته محصول افزایش یافت. در پژوهشی گزارش شد که میزان اسیدیته در سیب‌های

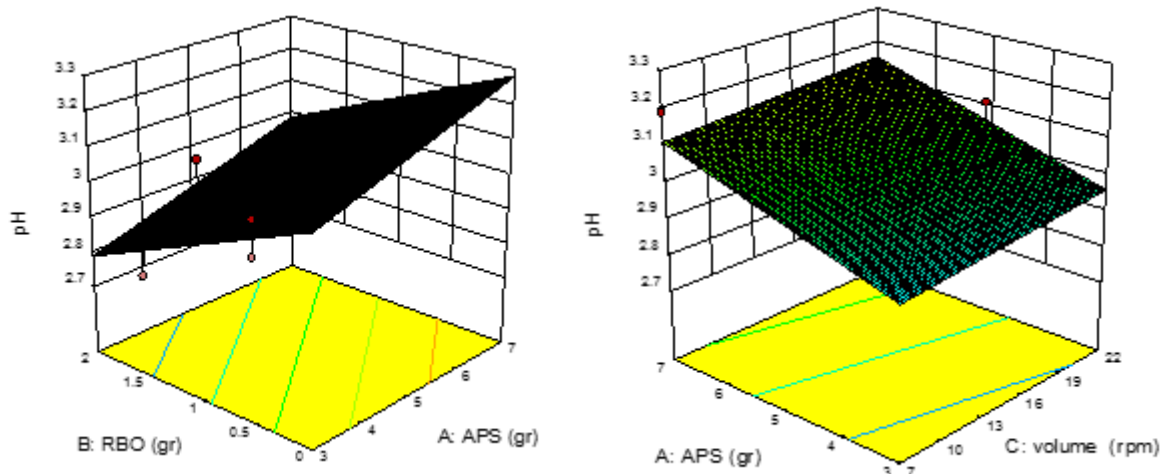
کاهش اسیدیته به علت تجزیه اسیدهای آلی در دوره سردخانه‌گذاری و در پی افت رطوبت رخ می‌دهد و موجب افزایش محتوی قندهای محلول میوه می‌گردد. همین دلیل، کاهش اسیدیته در دوره نخست نگهداری را توجیه می‌کند.

یافت اما میزان دور همگن‌سازی تأثیری بر این پارامتر نداشت (شکل ۹). این افزایش pH به دلیل افزایش محتوای قندی و کاهش اسیدیته انگور می‌باشد. در هفته چهارم نگهداری نمونه‌ها، بیش‌ترین میزان pH در بالاترین سطح از روغن سبوس مصرفی، ۲ gr ارزیابی شد؛ چرا که سبب حفظ هرچه بیش‌تر رطوبت و به تبع مانع افت اسیدیته و افزایش قند میوه می‌گردد. در مقابل بیشینه میزان این پارامتر در ۳ gr نشاسته (کم‌ترین غلظت) محاسبه شد (شکل ۱۰). بحث بالا با نتایج به دست آمده از پژوهش‌هایی در زمینه استفاده از پوشش‌های خوراکی برای محصولات هلو و انگور هم‌خوانی دارد [۴۱،۴۶].

پوشش داده شده نسبت به نمونه بدون پوشش در پایان دوره‌ی انبارمانی افزایش یافت [۴۳]. این نتایج با گزارش‌های پژوهش‌گرانی در راستای افزایش ماندگاری میوه‌هایی چون کیوی، هلو و زردآلو مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند که در هنگام رسیدن و با افزایش فعالیت‌های متابولیسمی درون محصول، اسیدهای آلی کاهش می‌یابند؛ اما پوشش‌های خوراکی با کاهش روند سرعت تنفس میوه، سبب حفظ هرچه بیش‌تر و بهتر اسیدیته قابل تیترا می‌شوند [۱۹، ۴۴، ۴۵].

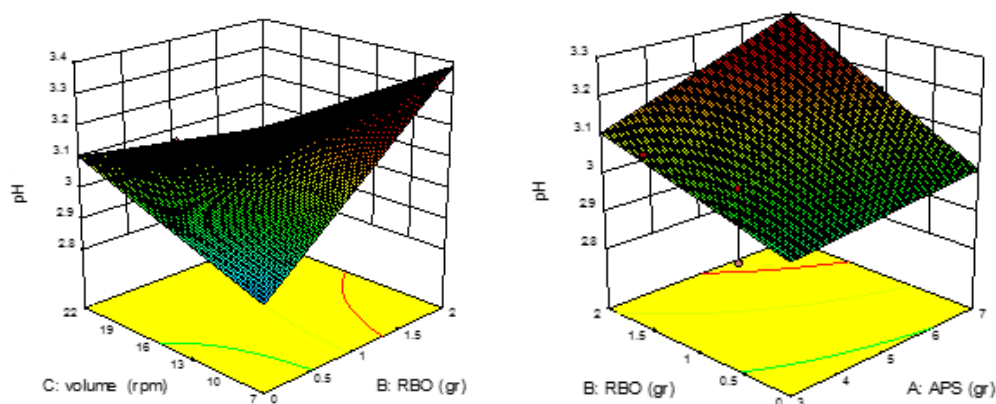
۷.۳. تأثیر پوشش خوراکی بر میزان pH

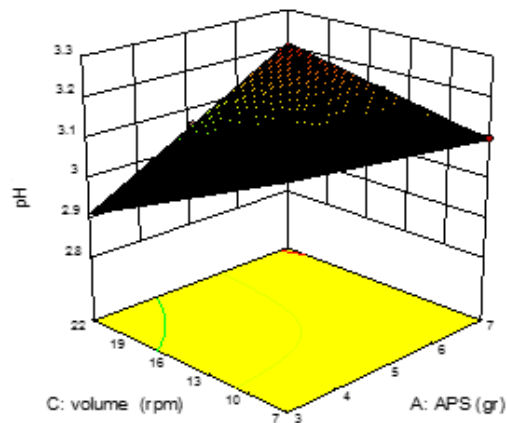
با افزایش APS و RBO، pH به ترتیب افزایش و کاهش



شکل (۹) اثر سطوح مختلف APS، RBO و Volume بر پارامتر pH در هفته دوم نگهداری

Fig 9. The effect of different levels of APS, RBO and Volume on the pH parameter in the Second week of preservation

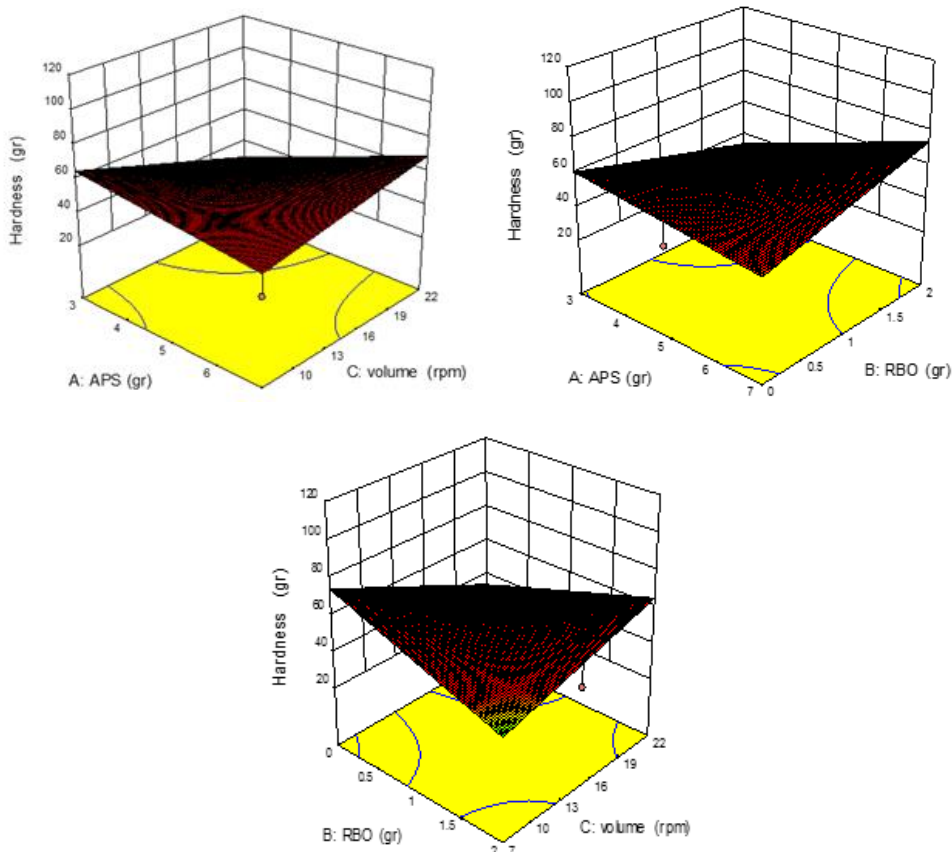




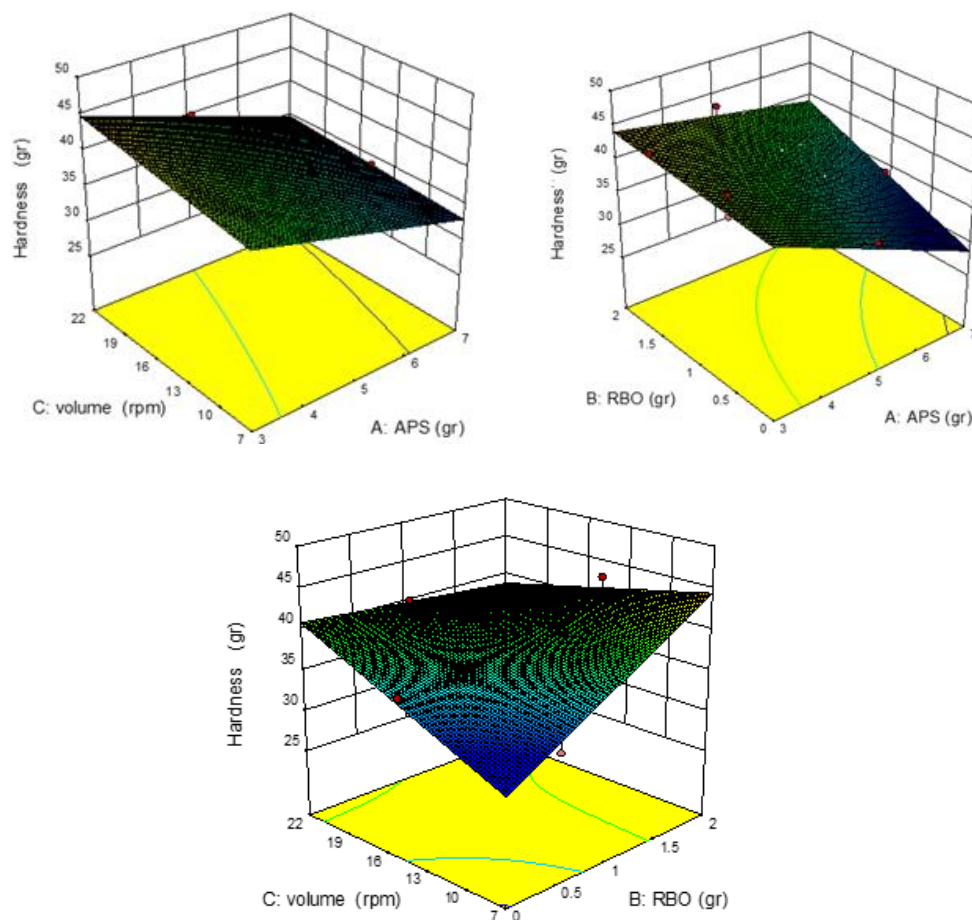
شکل (۱۰) اثر سطوح مختلف APS، RBO و Volume بر پارامتر pH در هفته چهارم نگهداری
Fig 10. The effect of different levels of APS, RBO and Volume on the pH parameter in the Fourth week of preservation

۸.۳. تأثیر پوشش خوراکی بر سفتی بافت
 شکل‌های (۱۱) و (۱۲) به ترتیب تأثیر سطوح مختلف APS، انبارداری انگورهای پوشش داده شده را نمایش می‌دهند.

Volume و RBO بر سفتی بافت در هفته دوم و چهارم



شکل (۱۱) اثر سطوح مختلف APS، RBO و Volume بر پارامتر سختی در هفته دوم نگهداری
Fig 11. The effect of different levels of APS, RBO and Volume on the Hardness parameter in the Second week of preservation



شکل (۱۲) اثر سطوح مختلف APS، RBO و Volume بر پارامتر سختی در هفته چهارم نگهداری

Fig 12. The effect of different levels of APS, RBO and Volume on the stiffness parameter in the Fourth week of preservation

سرعت همگن‌سازی، ۲۲ rpm و کم‌ترین میزان آن در پایین‌ترین سطوح این دو متغیر به ترتیب ۰ gr و ۷ rpm حاصل شد. این نتایج نشان می‌دهد که نشاسته به دلیل خاصیت آب‌دوستی که دارد سبب افت رطوبت میوه نیز شده است. از طرفی روغن سبوس برنج توانسته به خوبی از خروج آب و به تبع افت وزن میوه در طول انبارداری جلوگیری نماید و به استحکام بافت محصول نسبت به نمونه شاهد بیافزاید. نتیجه بالا با گزارش حسنی و همکاران، مبنی بر اینکه میوه با پوشش، بافت سفت‌تری نسبت به میوه بدون پوشش (شاهد) دارد، موافقت می‌کند [۱۹].

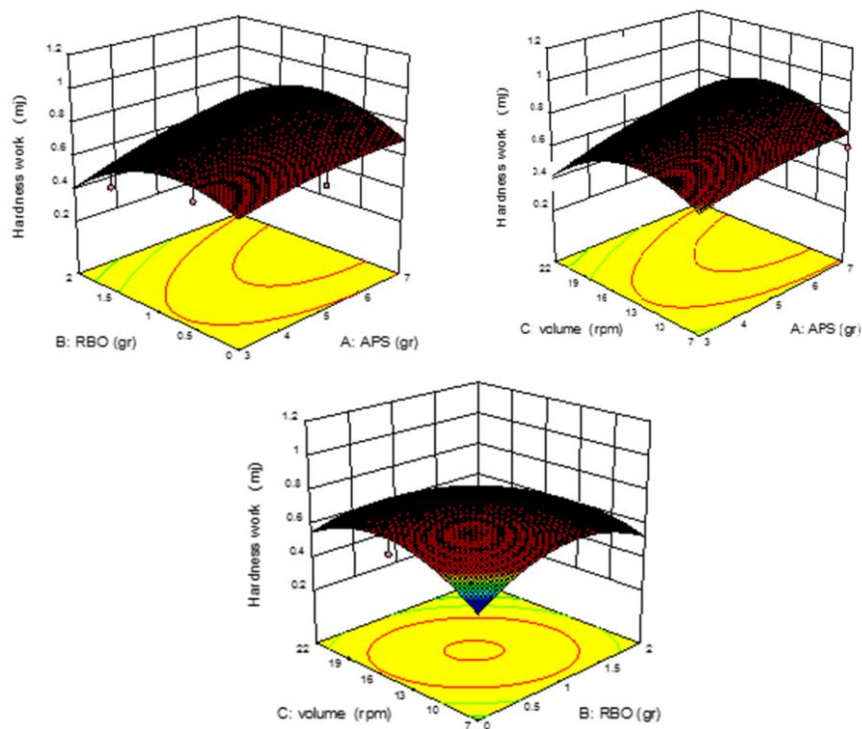
تأثیر پوشش‌ها بر پارامتر کار لازم برای اعمال بیشینه نیرو بر میوه در شکل‌های (۱۳) و (۱۴) (به ترتیب برای هفته دوم و چهارم انبارداری تیمارها) ترسیم شده است. بیش‌ترین مقدار کار ۸ mJ در ۵ gr نشاسته سیب‌زمینی، ۱ gr روغن سبوس

کاهش سفتی بافت میوه وابستگی بسیاری به تبدیل نشاسته به قندهای محلول دارد. حتی انبارداری آن به مدت یک ماه در دمای ۰ °C نیز، سبب کاهش تقریباً نیمی از سفتی محصول می‌گردد [۱۹].

سفتی بافت میوه در دو هفته اول، تغییری نکرد. این نشان می‌دهد که پوشش به خوبی توانسته از خروج رطوبت میوه جلوگیری نماید؛ اما در دو هفته پایانی انبارداری، تغییرات محسوسی در این پارامتر ایجاد شد به طوری که بیش‌ترین کاهش سفتی بافت ۲۷-۳۳ gr در نمونه‌های پوشش داده شده با بیش‌ترین غلظت نشاسته، ۷ gr و کم‌ترین میزان کاهش این پارامتر ۴۳-۴۴ gr در پایین‌ترین سطح از نشاسته، ۳ gr محاسبه شد؛ اما در خصوص متغیرهای RBO و Volume نتایج عکس حاصل شد. بدین شکل که بیش‌ترین سفتی بافت در بیشینه مقدار روغن سبوس برنج، ۲ gr و

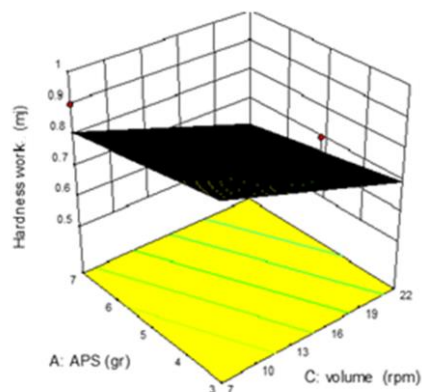
بافت الاسته‌تر باشد به کار کم‌تری جهت نفوذ به درون میوه نیاز است که این موضوع بر ادله گفته شده در این مبحث مطابقت دارد. همچنین با افزایش سرعت هموزن کردن به دلیل یکنواخت‌تر شدن ژل امولسیون و پخش شونده‌گی بهتر ترکیبات به ویژه روغن در عامل ژل کننده (نشاسته)، کار سفتی^۱ کاهش یافت.

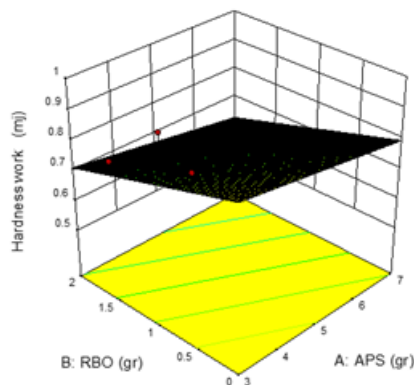
برنج و rpm ۱۶-۱۳ حاصل شد. اثر مقابل APS و RBO، سبب کاهش کار سفتی گردید. در هفته دوم نگهداری نمونه‌ها، بیشینه کار لازم در بالاترین سطح نشاسته ۷ gr مشاهده شد که با توجه به توضیحات مربوط به پارامتر سفتی، این نتیجه قابل توجیه است (شکل ۱۵). همچنین کم‌ترین و بیش‌ترین کار به ترتیب در ۲ و ۰ gr روغن سبوس برنج؛ rpm ۲۲ و ۷ سرعت همگن‌سازی به دست آمد. هرچه



شکل (۱۳) اثر سطوح مختلف APS، RBO و Volume بر پارامتر کار سختی در هفته دوم نگهداری

Fig 13. The effect of different levels of APS, RBO and Volume on the Hardness work parameter in the Second week of preservation





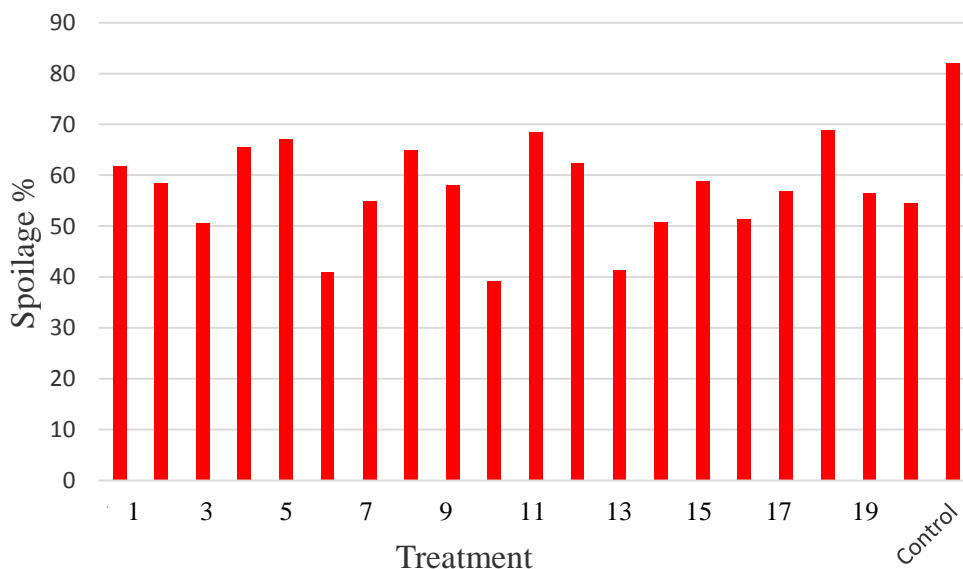
شکل (۱۴) اثر سطوح مختلف APS، RBO و Volume بر پارامتر کار سختی در هفته چهارم نگهداری

Fig 14. The effect of different levels of APS, RBO and Volume on the Hardness work parameter in the Fourth week of preservation

دست آمد (پوشش‌هایی با کم‌ترین سطح از نشاسته و بالاترین غلظت روغن). با افزایش میزان روغن مصرفی در پوشش خوراکی، به دلیل ایجاد حداقل تبادل رطوبت، بخار آب و اکسیژن در سطح میوه، درصد فساد کاهش پیدا کرد. کم‌ترین میزان این پارامتر در ۲ gr روغن سبوس برنج و بیشینه فساد در ۶-۵ gr غلظت نشاسته به دست آمد.

۹.۳. تأثیر پوشش خوراکی بر میزان درصد فساد

فساد میوه انگور پوشش داده شده و شاهد در طی مدت نگهداری به صورت کپک‌زدگی، لهیدگی و ایجاد لکه‌های قهوه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در شکل (۱۵) قابل ملاحظه است، بیش‌ترین میزان فساد مربوط به نمونه شاهد با ۸۱/۹۶٪ می‌باشد و کم‌ترین درصد فساد به ترتیب در نمونه‌های ۱۰،۶ و ۱۳ به



شکل (۱۵) مقایسه تغییرات درصد فساد بین نمونه‌های پوشش‌دهی شده و شاهد

Fig 15. Comparison of Spoilage percentage changes between coated and control samples

درصد فساد خوشه‌های انگور پوشش داده شده با افزایش میزان روغن مصرفی، نسبت به نمونه شاهد (۸۱/۹۶٪ فساد) به طور معناداری کاهش یافت. استفاده از سطوح پایین نشاسته و بیش‌ترین غلظت روغن در ترکیب پوشش خوراکی، سبب حفظ سفتی بافت میوه طی نگهداری شده و از نرم شدن آن جلوگیری کرد. پوشش بهینه در طول دوره سردخانه گذاری، تأثیر مثبتی بر پارامترهای کیفی انگور نسبت به خوشه بدون پوشش داشت به گونه‌ای که توانست موجب افزایش اسیدیته و کاهش مواد جامد محلول و pH آن شود.

تشکر و قدردانی

با سپاس فراوان از گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به ویژه اساتید راهنما و مشاور محترم بنده، دکتر مسعود تقی‌زاده و دکتر مسعود یاورمنش که در انجام این پروژه بنده را همراهی کردند. همچنین از کارشناسان آزمایشگاه‌های فناوری‌های نوین، بیوتکنولوژی مولکولی، مهندسی غذایی، بیوفیزیک و فرمولاسیون کمال تشکر را دارم که امکانات و لوازم مورد نیاز در پژوهش اینجانب را فراهم نموده و بنده را در این راه راهنمایی کردند.

این نتیجه با گزارش دانش‌نیا در زمینه استفاده از پوشش خوراکی حاوی کیتوزان و آلونئورا برای افزایش ماندگاری انگور موافق بود به طوری که نشان داد درصد فساد در نمونه شاهد (۳۸/۶۶٪) بیش‌تر از سایر تیمارها بود [۲۶]. پژوهش‌های که در زمینه کاربرد پوشش خوراکی برای افزایش ماندگاری پس از برداشت میوه‌هایی چون انگور صورت گرفته است با نتایج بالا تطابق دارند. گزارش‌ها حاکی از آن است که در نمونه پوشش‌دهی شده به علت تنفس کم‌تر، روند تخریب به تعویق افتاد و ماندگاری محصول افزایش پیدا کرد [۴۷، ۳۵].

۴. نتیجه‌گیری

امروزه پوشش‌های خوراکی به دلیل بهره‌گیری از مواد زیست تخریب‌پذیر، قابل بازیافت و خوراکی در تولید آن‌ها، به جایگزینی مناسب و مفید برای فیلم‌ها و پوشش‌های سنتزی تبدیل شده‌اند. بهینه‌یابی تولید پوشش نشان داد که تمام متغیرهای مستقل اثر خود را بر افت وزن خوشه‌های انگور پوشش داده شده، پایداری و a_w ژل امولسیون به تنهایی یا به صورت اثر متقابل اعمال کردند. بهره‌گیری از ترکیب ۲٪ روغن سبوس برنج، ۶/۵۷٪ نشاسته سیب‌زمینی استیله شده و سرعت هم‌زدن ۷ rpm به عنوان بهترین تیمار انتخاب شد چرا که منجر به ایجاد پوششی با بیش‌ترین پایداری و کم‌ترین a_w و افت وزن گردید. میزان افت وزن و

منابع

- [1] Jafarizadeh, E., Ibrahimzadeh, Sh., & Energjan, N. (2004). Tomato coated with edible coatings based on whey powder. In: Proceeding of the 9th Int. Cong. of Chem Engin. [In Persian]
- [2] Krochta, J.M., & Mulder-Johnston de, C. (1997a). Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Food Sci Technol.*, 8, 228.
- [3] Krochta, J. M., & Mulder-Johnston de, C. (1997b). Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. *Food Sci Technol.*, 51, 61-77.
- [4] Dugan, M., Kayacier, A., & IC, E. (2007). Rheological characteristics of some food hydrocolloids processed with Gamma irradiation. *Food Hydrocoll.*, 21(3), 392-396.
- [5] Luallen, T. E. (1985). Starch as a functional ingredient. *Food Technol.*, 39: 59-63.
- [6] Rogols, S. (1986). Starch modifications: A view into the future. *Cereal Foods World.*, 31, 869-874.
- [7] Luallen, T. E. (1988). Structure, characteristics and uses of some typical carbohydrate food ingredients. *Cereal Foods World.*, 33, 924-927.
- [8] Schierbaum, F., & Kettlitz, B. (1994). Studies on rye starch properties and modification. Viscograph pasting characteristics of rye starches. *Starch.*, 46, 2-8.
- [9] Fringant, C., Rinaudo, M., Foray, M. F., & Bardet, M. (1998). Preparation of mixed esters of starch or use of an external plasticizer: two different ways to change the properties of starch acetate films. *Carbohydr Polym.*, 35, 97-106.
- [10] Chen, M. H., & Bergman, C. J. (2005). Influence of kernel maturity, milling degree and milling quality

- on rice bran phytochemical concentration. *Cereal Chem.*, 82, 4-8.
- [11] Blennow, A., Bay-Smidt, A. M., Leonhardt, P., Bandholm, O., & Madsen, H. M. (2003). Starch paste stickiness is a relevant native starch selection criterion for wet-end paper manufacturing. *Starch.*, 55, 381-389.
- [12] Adebowalea, K. O., Olu-Owolabi, B. I., Olayinkaa, O. O., & Lawalb, O. S. (2005). Effect of heat moisture treatment and annealing on physicochemical properties of red Sorghum starch. *Biotechnol.*, 4(9), 928-933.
- [13] Basiak, E., Lenart, A. & Debeaufort, F. (2017). Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. *Int J Biol Macromol*, S0141-8130, 16, 31643-9.
- [14] Mari'a, A., Garc'a, M. N., Martino & Noemi', E. Zaritzky. (1998). Plasticized Starch-Based Coatings To Improve Strawberry (*Fragaria _ Ananassa*) Quality and Stability. *J. Agric. Food Chem*, 46, 3758-3767.
- [15] Farayde M., F., Silvia Maria, M., Thiago, C., José Ignacio, V., & Lucia Helena, I.M. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Post-harvest Biol and Technol*, 109, 57-64.
- [16] Kester, J. J., & Fennema, O. R. (1986). Edible films and coatings: A review. *Food Technol.*, 42, 47-59.
- [17] Narasinga Rao, B.S. (2012). Nutritive Value of Rice Bran. *Nutr Found of India*, New Delhi 110 016.
- [18] Amarasinghe, B. M. W. P. K., & Gangodavilage, N. C. (2004). Rice brane oil extraction in Sri Lanka Data for process equipment design. *Food and Bioprod Process.*, 82, 54-59.
- [19] Hassani, F., Javanmard, M., & Grossiy, F. (2010). Evaluation of shelf-life of Kiwi fruit coated with whey protein concentrate and rice bran oil. *Food Sci and Technol Res.*, 167-158. [In Persian]
- [20] Lifen, Z., Fusheng, C., Penglong, Z., Shaojuan, L. & Hongshun, Y. (2016). Influence of Rice Bran Wax Coating on the Physicochemical Properties and Pectin Nanostructure of Cherry Tomatoes. *Food Bioprocess Technol.*
- [21] Nourbehesht, N. (2017). Production and evaluation of low fat Sausages using emulsion gel based on Inulin and rice bran oil. Isfahan: University of Technology, Department of Food Sci and Technol. [In Persian]
- [22] Tournas, V.H., & Katsoudas, E. (2005). Mold and yeast flora in fresh berries Grapes and citrus fruits. *Food Microb.*, 105, 11-17.
- [23] Mostofi, Y., Dehestani-Ardekani, M., & Razavi, H. (2011). The Effect of chitosan on post-harvest life increase and qualitative characteristics of Grape cultivar *shahroudi*. *Food Sci Technol.*, 93-102. [In Persian]
- [24] Riku, A., Talja, H., Hele'n, Y.H., & Roos-Jouppila, K. (2007). Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch based films. *Carbohydr Polym.*, 67, 288-295.
- [25] Shaw, N. B., Monahan, F. J., Ó Riordam, E. D., & Ó Sullivan, M. (2002). Effect of Soya oil and glycerol on physical properties of composite WPI film. *Food Eng.*, 51(4), 299-304.
- [26] Daneshnia, R. (2015). The effect of Chitosan and Aloe-vera gel edible coating to prevent mold growth and preservation the quality of the Grape. Gorgan: University of Science and Agriculture. *Food Technol.* [In Persian]
- [27] Baliga, B., & Madaiah, N. (1970). Quality of Sausage emulsion prepared from mutton. *Food Sci.*, 35, 383-385.
- [28] Iranian National standard. (1992). Fruit and vegetable products- Determination of acidity- Test method. *Iranian Institute of Standards and Industrial Research (First ed.)*, pp. 373. [In Persian]
- [29] Prvaneh. V. (2010). *Food quality control and chemical testing (6th ed)*. Tehran University Publisher. [In Persian]
- [30] Shahkoomally, S., & Ramezani, A. (2014). Effect of natural Aloe-vera gel coating combined with Calcium chloride and Citric acid treatments on Grape (*Vitis vinifera* L. Cv. Asgari) quality during Storage. *Food Sci and Technol.*, 1, 1-5. [In Persian]
- [31] Benzie, I.F., & Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Anal Biochem.*, 239, 70-76.
- [32] Abdullahi, A. (2008). The effect of three herbal essential oils on the control of fungal diseases post-harvest of two Grape varieties. Urmia: University of Horticulture. [In Persian]
- [33] Sato, A., Yamanez, H., Hirakawa, N., Otobe, K., & Yamada, M. (1997). Varietal differences in the texture of Grape berries measured by penetration tests. *Vitis.*, 36 (1), 7-10.
- [34] Razavi, M.A., & Akbari, R. (2014). *Biophysical properties of agricultural and food products (5th ed)*. Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian]
- [35] Gao, P., Zhu, Z., & Zhang, P. (2013). Effects of Chitosan-Glucose complex coating on post-harvest quality and shelf -life of table Grapes. *Carbohydr Polym.*, 95(1), 371-378.
- [36] Guilbert, S. (1986). Technology and application of edible protective films. *Food Packaging and Preservation: Elsevier Applied Sci Publishing.*, pp. 371-394.

- [37] Jutamongkon, R., Praditdoug, S., & Vananuvat, N. (2011). Effect of rice bran waxing on fruit and vegetable storage. *Nat Sci.*, 45, 1115-1126.
- [38] Huang, X., Kakodaand, Y., & Gui, W. (2001). Hydrocolloid in emulsions particle size distribution and interfacial activity. *Food Hydrocoll.*, 15, 533-542.
- [39] Slavutsky, M.A., & Bertuzzi, A.M. (2015). Formulation and characterization of Nanolaminated starch based film. *Food Sci Technol.*, 61, 407-13.
- [40] Garcia, M.A., Martino, M.N., & Zaritzky, N.E. (2000). Lipid addition to improve barrier properties of edible starch based films and coatings. *Food Sci.*, 65(6), 7-941.
- [41] Asghari, M., & Ahadi, L. (2012). The effect of application post-harvest Salicylic acid and Aloe-vera gel on the qualitative characteristics and antioxidant activity of Uzum red Grape cultivar. *HorticSci, Agric Sci and Ind.*, 3, 342-349. [In Persian]
- [42] Emamifar, A. (2014). Evaluation the effect of Aloe-vera gel as an edible coating on the microbial, physicochemical and sensory characteristics of fresh Strawberries during storage. *Food Sci and Technol.*, 2nd Year, 6, pp. 15-29. [In Persian]
- [43] Taghizadeh, A. (2012). Optimizing the formulation of active polysaccharide coatings to increase the shelf-life of full and freshly sliced Apples by the surface response method. University of Tabriz, Aras Int Campus. [In Persian]
- [44] Galvis-Sanchez, A. C., Fonseca, S. C., Morais, A. M., & Malcata, F. X. (2003). Physicochemical and sensory evaluation of „Rocha” Pear following controlled atmosphere storage. *Food Sci.*, 68, 318-327.
- [45] Gerossi, F., Javanmard, M., & Hassani, F. (2009). Application of edible coating based on whey protein and Gellan gum for Apricot fruit. Islamic Azad University, Department of Food Ind. *Food Sci and Technol.*, 8, 29. [In Persian]
- [46] Ochoa-Velasco, C. E., & Guerrero-Beltran, J. A. (2014). Post-harvest quality of peeled prickly Pear fruit treated with Acetic acid and Chitosan. *Post-harvest Biol and Technol.*, 92, 139-145.
- [47] Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badieli, F., Mohammad Hosseini, Z., Ahmadi Soomeh, K., & Qanati, K. (2012). *Nutr Sci and Food Ind.*, 2, 9-19. [In Persian]

*Research Article***Optimization of edible coating based on modified potato starch and rice bran oil and evaluation of its effect on grape's shelf life (Asgari specie)****Azin Omid Jeivan¹, Masoud Taghizadeh^{2*}, Masoud Yavarmanesh³****1. M.Sc Student Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad****2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad****3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad****Abstract**

The use of edible coatings is a way to preserve fruits and agricultural products. Edibles coating by reducing the respiration rate of fruits, significantly, to increase their shelf life and to reduce the amount of waste. The aim of this study is to optimize the production of edible coating for long-term storage of "grapes" (Asgari species due to high corruption and abundance) by response surface method (RSM). Different concentrations of acetylated potato starch (3, 5 and 7 gr) and rice bran oil (zero, 0.5, 1, 1.5 and 2 gr) were used to produce coatings. All samples were homogenized at different velocities of Ultra-thorax (7, 14.5 and 22 rpm). The fruit's weight loss, Coating's stability and a_w parameters were considered as experimental design responses (optimal custom). Treatments (20 samples in 2 replications) were stored in refrigerated with 4 °C temperature and 70 % humidity for 28 days. Grape's quality parameters included TSS, TA, pH, and weight loss were studied every 2 weeks. Also the amount of moldy berries was calculated at the end of the storage period. Developed models for emulsion gel's stability and a_w predicted that using 2 % rice bran oil, 6.57 % acetylated potato starch and 7 rpm homogenization rate, led to the formation of coating with the highest stability (93.6%) and the lowest a_w (0.77).

Keyword: Optimization, Edible coating, Potato Starch, Rice Bran Oil, Weight loss, Grape.

* Corresponding author: mtaghizadeh@um.ac.ir