نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد- تیر 1397 ص.320- 307

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 307- 320

اثر پوشش‌های خوراکی چیتوزان، آلژینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر ماندگاری زردآلوی رقم رجبعلی

میثم عابدیان[1]- سید حمیدرضا ضیاءالحق*[2]- علی نجفی[3]

تاریخ دریافت: 1395/04/23
تاریخ پذیرش: 1396/06/20

چکیده

زردآلو، میوه‌ای است نرم که معمولا مقاومتی در برابر ضربه و شرایط نامناسب حمل ونقل و نگهداری ندارد و در نتیجه امکان صادرات این محصول باکیفیت خوب و ضایعات کم وجود ندارد یا بسیارمحدود است. این تحقیق با هدف مطالعه تغییرات کمی وکیفی درفرآیند رسیدگی و نگهداری میوه زردآلو با استفاده ازپوشش‌های چیتوزان، آلژینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب پنیر با درصدهای متفاوت صورت گرفت. میوه رقم رجبعلی برداشت و پس از غوطه‌وری در محلول‌های پوشش‌دهند، به مدت 35 روز در دمای 2 درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و در زمان صفر و 35 روز پس از برداشت برخی خصوصیات کمی وکیفی میوه مانند افت وزن، اسیدیته، بار میکروبی، رنگ، بافت، چروکیدگی، قهوه‌ای شدن و ویتامین ث مورد ارزیابی قرارگرفت. نتایج حاصل از تجزیه تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح مرکب مرکزی (CCD) نشان داد غلظت پروتئین آب پنیر اثر معناداری بر کاهش وزن درطول نگهداری نداشت و چیتوزان و آلژینات سدیم نقش مهمی در حفظ سفتی بافت داشتند. افزایش غلظت چیتوزان و کاهش آلژینات سدیم سبب افزایش *b (رنگ زرد) و *L (روشنایی) شد. همچنین افزایش آلژینات وکاهش چیتوزان، سبب حفظ بهتر اسیدیته میوه درپایان دوره نگهداری گردید. در مورد قهوه‌ای شدن نیز نشان داده شد که با افزایش غلظت چیتوزان تا حدود یک درصد بر میزان قهوه‌ای شدن زردآلوهای پوشش داده شده افزوده شد. چروکیدگی زردآلوها با افزایش غلظت آلژینات سدیم، در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر افزایش و در غلظت‌های بالای پروتئین آب پنیر، کاهش یافت. علاوه بر این نشان داده شد که با افزایش غلظت چیتوزان بارمیکروبی کاهش می‌یابد. با توجه به بهینه‌سازی انجام شده توسط نرم‌افزار Design expert، مشخص گردید که بهترین فرمولاسیون پوشش خوراکی برای زردآلو شامل 1/25درصد آلژینات، 1/45 درصد چیتوزان و صفر درصد پروتئین آب پنیر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلژینات سدیم، پوشش خوراکی، چیتوزان، زردآلو ، کنسانتره پروتئین آب پنیر، ماندگاری

مقدمه

زردآلو (*prunus armeniaca*) میوه‌ای نرم است که معمولا مقاومتی در برابر ضربه و شرایط نامناسب حمل ونقل و نگهداری ندارد و در نتیجه امکان صادرات این محصول با کیفیت خوب و ضایعات کم وجود نداشته یا بسیار محدود است. یکی ازروش‌های مناسب برای افزایش ماندگاری زردآلو و جلوگیری از گسترش صدمه‌دیدگی حاصل از ضربه، استفاده ازواکس‌ها و پوشش‌های با پایه پلی‌مرهای طبیعی است. امروزه تقاضای مصرف‌کنندگان برای میوه تازه رو به افزایش است و یکی از اهداف تولیدکنندگان عرضه محصول در مدت طولانی و استفاده از روش‌هایی جهت طولانی نمودن عمر پس از برداشت محصول می‌باشد (Arzani & Imani, 1998). با توجه به زنده بودن محصول در زمان پس از برداشت، برخی محصولات دستخوش تغییرات سریعی می‌گردند و ممکن است کیفیت محصول عرضه شده در بازار علی‌رغم ظاهر مناسب کاهش چشم‌گیری پیدا کرده باشد (Puerta-Gomez & Cisneros-Zevallos, 2011). زردآلو از جمله محصولات فرازگرا است و در زمان رسیدگی، تولید اتیلن و سرعت تنفس به شدت افزایش می‌یابد و به همین دلیل درجه فسادپذیری بالایی دارد با توجه به این ویژگی‌ها، نگهداری این محصول در شرایط کنترل‌شده اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. استفاده از دمای پایین روش متداولی جهت این منظور می‌باشد، اما آگاهی از تغییرات کیفی میوه در طول دوره نگهداری اهمیت ویژه‌ای داشته و نیازمند پژوهش‌هایی در این

1و 3- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار،گروه علوم وصنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی دامغان، دامغان، ایران.
2- استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکزتحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.
(*مسئول مکاتبات: Email: hziolhagh@gmail.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.57472

زمینه است (Roussos *et al*., 2011).

پوشش‌های خوراکی، لایه‌ای نازک و یکپارچه از یک ماده خوراکی هستند که برروی سطح ماده غذایی به‌عنوان پوشش و یا در لابه‌لای اجزای ماده‌غذایی قرار می‌گیرند. همچنین می‌توانند با ممانعت از ورود رطوبت، گازها، بو و چربی باعث حفظ کیفیت ماده غذایی شوند. در واقع نقش ایجاد یک سد در برابر ورود و خروج مواد (آب، گاز، چربی‌ها)، حفظ ترکیبات موادغذایی، انتقال افزودنی‌ها (رنگ، طعم‌دهنده، آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد ضدمیکروبی و نظایر آن)، جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در سطح موادغذایی و حفاظت مکانیکی را بر عهده دارند. خواص کاربردی پوشش‌های خوراکی به میزان زیادی متاثر از پارامترهایی مانند: فرمولاسیون، تکنولوژی تهیه فیلم، ویژگی‌های حلال و خواص افزودنی‌هاست (Chien & Yang, 2007). پژوهش‌گران زیادی اثر پوشش‌های خوراکی متعددی را بر کیفیت ماندگاری محصولات مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند. Arnon و همکاران (2014) اثر ترکیب پوشش‌های خوراکی چیتوزان و کربوکسی‌متیل سلولز را بر کیفیت پس از برداشت مرکبات بررسی نمودند. Ali و همکاران (2011) اثر پوشش خوراکی چیتوزان بر خواص فیزیکوشیمیایی میوه پاپایا را بررسی کرده و نشان دادند که می‌توان از چیتوزان برای افزایش زمان ماندگاری میوه‌ها استفاده نمود. مهرزاد و همکاران (1390) تاثیر پوشش چیتوزان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و ارگانولیپتیکی توت فرنگی را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که چیتوزان رسیدگی میوه را کند کرده و باعث حفظ سفتی بافت و رنگ میوه می‌شود، همچنین پوسیدگی قارچی کپک خاکستری را کاهش می‌دهد. Perez-Gago و همکاران (2006) نشان دادند که سیب‌های پوشش داده شده با پوشش خوراکی کنسانتره پروتئین آب پنیر درخشندگی بیشتری داشته و کمتر دچار واکنش‌های قهوه‌ای شدن گردیده‌اند. مستوفی و همکاران (1390) تاثیر چیتوزان بر افزایش زمان ماندگاری پس از برداشت و حفظ کیفیت انگور را مورد بررسی قرار داده و نشان دادن که میزان کاهش وزن، فساد، قهوه‌ای شدن، ترک‌خوردگی و ریزش حبه‌ها با محلول چیتوزان 0/5 و0/1 درصد که به‌مدت 90 روز نگهداری شده بودن، کاهش یافت.

بیشتر تحقیقاتی که در مورد اثر پوشش‌های خوراکی بر کیفیت ماندگاری میوه‌ها انجام شده است، اثر هر نوع پوشش به‌طور جداگانه بررسی گردیده است، لذا در این پژوهش سعی شده است تا امکان افزایش عمر ماندگاری زردآلو با استفاده از ترکیب مناسبی از پوشش‌های خوراکی چیتوزان، آلژینات سدیم و کنسانتره پروتین آب‌پنیر مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

زردآلوهای رقم رجبعلی در مرحله‌ای که برای تازه‌خوری مناسب‌اند، از یکی از باغات شهرستان شاهرود تهیه گردید و سعی شد تا حدامکان از زردآلوهای یکسان و هم‌اندازه برای پژوهش استفاده شود. ضمن این‌که میوه‌های آسیب دیده و زخم شده جدا و زردآلوهای سالم انتخاب شدند. از زردآلوهای آماده شده برای هرآزمایش، تعداد 20 عدد به‌طورتصادفی انتخاب و برای تعیین خصوصیات اولیه فیزیکی و شیمیایی تحت آزمایش قرارگرفتند. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک تهیه شدند، به‌جز کنسانتره پروتئین آب‌پنیر (به تام پودر) که خریداری شد.

آماده‌سازی محلول‌های پوشش‌دهنده زردآلو

برای تهیه محلول 2/5 درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر، مقدار 12/5 گرم و برای تهیه محلول 5 درصد کنسانتره پروتئینی آب پنیر مقدار 25 گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر به 500 میلی‌لیتر آب مقطر درون ارلن اضافه شده و روی شیکر ارلن با دور180 دور در دقیقه به مدت یک ساعت قرار داده شد. بعد از گذشت این زمان محلول در بن‌ماری در دمای 90 درجه سانتی‌گراد به مدت30 دقیقه قرار داده شد. سپس 25 گرم گلیسرول به محلول اضافه شد و مجددا به مدت10 دقیقه در شیکر ارلن بادور140 دور در دقیقه قرار داده شد. محلول برای جداسازی لخته‌های پروتینی از صافی عبورداده شد (بلقیسی، 1387).

برای تهیه محلول 1 و 2 درصد آلژینات سدیم به‌ترتیب مقادیر 4 و 8 گرم آلژینات سدیم به 400 میلی‌لیترآب مقطر اضافه شده و محلول روی هیتر در دمای 70 درجه سانتی‌گراد قرارگرفت تا محلول شفافی به‌دست آید. سپس 6 گرم گلیسرول و 0/2 گرم روغن آفتاب گردان به محلول اضافه گردید (Denavi *et al*. 2009)

برای تهیه محلول‌های 1 و 2 درصد چیتوزان، به‌ترتیب 5 و 10 گرم چیتوزان به 500 میلی‌لیتر آب مقطر حاوی 2/5 درصد حجمی/ حجمی استیک اسید در دمای 40 درجه سانتی‌گراد افزوده شد. این محلول به مدت 8 ساعت روی همزن مغناطیسی قرار گرفت. pH محلول توسط هیدرواکسیدسدیم بر روی 5/1 تنظیم و پس از آن به محلول 0/5 میلی‌لیتر گلیسرول به‌عنوان پلاستیسایزر جهت بهبود انعطاف‌پذیری اضافه گردید. سپس این محلول در دمای اتاق و توسط همزن مغناطیسی تا یکنواختی کامل همزده شد (Ali *et al*., 2011).

سپس محلول‌های آماده شده طبق جدول1 با درصدهای مختلف با یکدیگرمخلوط گردید.

برای پوشش‌دهی، نمونه‌های زردآلو در هر یک از محلول‌های تهیه شده غوطه‌ور گردیدند. بعد از مدت 5 دقیقه زردآلوها از محلول خارج شده و حدود یک ساعت در مقابل جریان هوا قرار گرفتند تا

رطوبت سطحی آن‌ها خشک شود. سپس نمونه‌ها در ظروف یکبار مصرف بسته‌بندی و به سردخانه دمای 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 70 درصد انتقال داده شدند. آزمایشات شامل درصد کاهش وزن، اسیدیته، ویتامین ث، قهوه‌ای شدن، چروکیدگی، رنگ، بافت و بار میکروبی در دو بازه زمانی صفر و 35 روز انجام پذیرفت.

جدول1- تیمارها و درصد محلول‌های ترکیب شده

تیمارها	چیتوزان	کنسانتره آب پنیر	آلژینات سدیم
1	1	0	1
2	0	5	0
3	2	0	0
4	1	2/5	1
5	1	2/5	1
6	2	2/5	1
7	1	2/5	1
8	2	5	2
9	1	2/5	1
10	0	2/5	1
11	0	5	2
12	1	2/5	0
13	1	2/5	2
14	1	2/5	1
15	1	2/5	1
16	0	0	0
17	0	0	2
18	2	0	2
19	2	5	0
20	1	5	1

اندازه‌گیری پارامترهای کیفی

درصد افت وزن

نمونه‌های زردآلو در روز صفر و در پایان هر بازه زمانی نگهداری (5 روز یک بار)، توزین گردیدند. تفاوت وزن نهایی در هر مرحله به عنوان درصد افت وزن منظورگردید و از رابطه 1 محاسبه شد (Ali *et al.*, 2011).

$$weight\ loss=\frac{w0-wt}{w0} \qquad (1)$$

W_0= وزن اولیه نمونه زردآلو، W_t= وزن نمونه‌های زردآلو در بازه زمانی

اسیدیته(TA)[1]

برای تعیین اسیدیته، آب زردآلو درحضور معرف فنل فتالین با سود 0/1 نرمال تیرشد و برحسب اسیدمالیک بر طبق رابطه 2 محاسبه گردید (استاندارد ملی ایران به شماره 2685).

$$Acidity=\frac{V\times 0/0067\times 100}{m} \qquad (2)$$

V، حجم سود0/1 نرمال مصرفی برحسب میلی‌لیتر، m وزن نمونه برحسب گرم

ویتامین ث

ابتدا آب‌میوه با اسیدمتافسفریک رقیق می‌گردد تا مانع اکسیداسیون اسیداسکوربیک شود. سپس مقدار ویتامین ث ضمن احیای ماده رنگی (2-6-دی کلروفنل) به‌وسیله محلول اسیداسکوربیک تعیین می‌گردد. برای استاندارد کردن محلول دی کلروفنل اندوفنل، 10 میلی‌لیتر از محلول استاندارد اسید اسکوربیک در یک ارلن 100 میلی‌لیتری ریخته و با محلول دی کلروفنل اندوفنل توسط بورت تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ تیترگردید، مقدار میلی‌لیتر دی کلروفنل اندوفنل برای خنثی کردن 2 میلی گرم ویتامین ث را b می‌نامیم. 50 گرم آب زردآلو را به یک بالن مدرج100 میلی‌لیتری اضافه کرده و 25 میلی‌لیتر محلول اسید متافسفریک20 درصد به آن اضافه شده و با آب به حجم رسانده شد. پس ازمخلوط کردن، 10

1 Titratable Acidity

میلی‌لیتر از آن در یک ارلن 100 میلی‌لیتری ریخته شده و با محلول دی کلروفنل اندوفنل تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ تیتر شد. مقدار میلی‌لیتر دی کلروفنل مصرفی را a می‌نامیم. آزمون شاهد را بروی10 میلی‌لیتر اسید متافسفریک مطابق نمونه انجام شد و مقدار میلی لیتر دی کلروفنل اندوفنل (c) نامیده شد. مقدار ویتامین ث از رابطه 3 به‌دست آمد (استاندارد ملی ایران به شماره2-14617)

$$\text{میلی‌گرم ویتامین ث درصدگرم نمونه} = \frac{2\times(a-c)\times100\times100}{b\times10\times\text{نمونه وزن}} \quad (3)$$

a، میلی‌لیتر دی کلروفنل مصرفی برای نمونه، b، میلی‌لیتر دی کلروفنل برای استاندارد، c، میلی‌لیتر دی کلروفنل برای شاهد.

آزمون قهوه‌ای شدن

این آزمون بر مبنای استخراج رنگدانه‌های قهوه‌ای توسط 50 میلی‌لیتر محلول آبی اسیداستیک- فرمالدئید با نسبت حجمی 2 به 1 و اندازه‌گیری جذب در420 و600 نانومتر استوار است. برای این کار 5 گرم از هر نمونه وزن شده و داخل ارلن ریخته شد. سپس50 میلی‌لیتر از محلول آبی اسیداستیک- فرمالدئید بر روی نمونه‌ها ریخته و همزده شد. آنگاه ارلن‌ها به مدت72 ساعت در کمد آزمایشگاه قرار داده شدند تا رنگدانه‌های قهوه‌ای کاملا استخراج گردند. با استفاده از اسپکتروفتومتر (jenway6800، آلمان) مقدارجذب در420 و600 نانومتر اندازه‌گیری شد. طول موج 420 نانومتر ناحیه زرد و600 نانومتر ناحیه قهوه‌ای است. اختلاف جذب در این دو طول موج به‌عنوان شاخص قهوه‌ای شدن در نظرگرفته شد (Ebrahimi *et al*. 2013).

اندازه‌گیری چروکیدگی

برای تعیین میزان چروکیدگی، ابعاد زردآلوها قبل و بعد از نگهداری با استفاده ازکولیس از سه جهت، قطربزرگ و کوچک و عمق اندازه گیری، و میانگین هندسی ابعاد تعیین گردید. درصد چروکیدگی از رابطه 4 به‌دست آمد (Shakouri *et al*. 2015):

$$\%shrinkage = \frac{M1-M2}{M1}\times 100 \quad (4)$$

که *M1* میانگین هندسی ابعاد در شروع نگهداری و *M2* میانگین هندسی ابعاد در پایان زمان نگهداری می‌باشند.

شمارش بارمیکروبی

برای شمارش بار میکروبی در زردآلو از محیط کشت پلیت کانت آگار، درشرایط کاملا استریل و طبق استاندارد 1-5272 انجام شد.

آزمون رنگ

جهت تعیین رنگ نمونه‌های نگهداری شده از روش پردازش تصویر با کمک نرم‌افزار ImageJ ویرایش 19 استفاده شد. برای این منظور ابتدا با استفاده از یک دستگاه اسکنر (*Genius HRX slim*، چین) زردآلوها اسکن شده و تصاویر با رزولوشن 300dpi به‌دست آمد. سپس تصاویر حاصله در محیط نرم‌افزار ImageJ ویرایش 19 مورد پردازش قرار گرفته و مؤلفه‌های *L (روشنایی)، *a (قرمزی) و *b (زردی) تعیین گردید (ضیاءالحق، 1395)

آزمون بافت

بافت میوه‌های زردآلو با استفاده از دستگاه LFRA 4500 (Brookfield، امریکا) اندازه‌گیری شد. در این پژوهش از تحلیل‌گر بافت بروکفیلد و پروپ استوانه‌ای با قطر 5 میلی‌متر، عمق هدف در تست مورد نظر2 میلی‌متر، زمان نگهداری پروپ در نمونه صفر و سرعت وارد شده توسط دستگاه 0/8 mm/s انتخاب شد. مقدار حداکثر نیروی لازم برای نفوذ به بافت میوه بر حسب نیوتن اندازه‌گیری و به‌عنوان سفتی بافت محصول بر حسب N/mm^2 در نظر گرفته شد (صادقی‌پور وهمکاران، 1391).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

جهت تجزیه و تحلیل آماری و آنالیز واریانس و به‌دست آوردن بهترین فرمولاسیون پوشش خوراکی از روش آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی (Central Composite Design) به کمک نرم‌افزار Design expert 8.0.7.1 استفاده شد. هدف از انجام این روش آزمون رسیدن به یک فرمولاسیون بهینه از پوشش‌های خوراکی کنسانتره پروتئین آب پنیر، آلژینات سدیم و چیتوزان بود. طبق درصدهای پیشنهاد شده توسط نرم‌افزار، مقدار کنسانتره پروتئین آب پنیر، آلژینات سدیم و چیتوزان در فرمولاسیون به‌ترتیب بین صفر تا 5، صفر تا 2 و صفر تا 2 درصد و با شش تکرار در نقطه مرکزی آن تعیین شد. تیمارهای به‌دست آمده توسط نرم‌افزار مطابق جدول 1 می‌باشند.

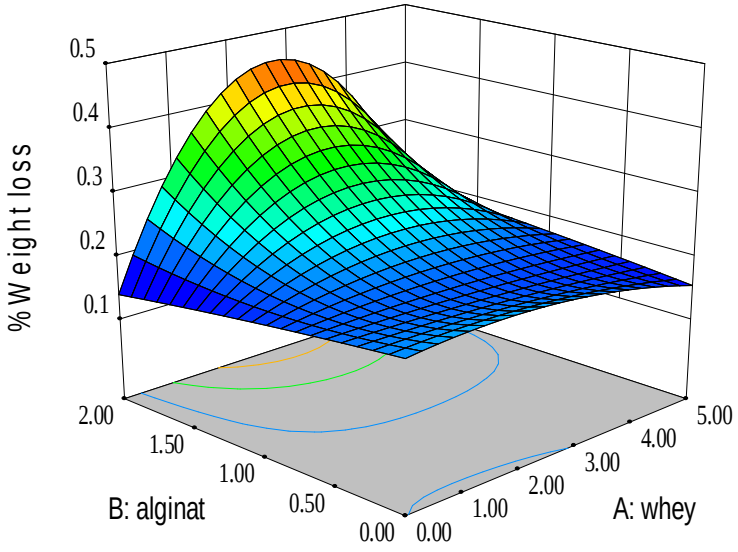
نتایج و بحث

درصد افت وزن

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر ساده و درجه دوم آلژینات سدیم، اثر درجه دوم چیتوزان، اثر متقابل درجه دوم پروتئین آب پنیر در آلژینات و اثر متقابل درجه دوم پروتئین آب پنیر در چیتوزان بر درصد افت وزن معنی‌دار می‌باشند ($P<0.05$). همانگونه که در شکل 1 مشاهده می‌شود، در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر (کمتر از 0/5 درصد)، با افزایش غلظت آلژینات سدیم درصد کاهش وزن کاهش می‌یابد (از حدود 0/2 درصد در نمونه شاهد تا حدود 0/14 درصد در نمونه حاوی 2 درصد آلژینات سدیم) ولی در غلظت‌های بالاتر پروتئین آب پنیر با افزایش غلظت آلژینات درصد کاهش وزن هم افزایش یافته است. همچنین مشاهده می‌شود که در غلظت‌های بالای آلژینات، با افزایش غلظت پروتئین آب پنیر، درصد کاهش وزن

بیشتر می‌شود. در مورد غلظت چیتوزان نیز نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت آن تا 0/5 درصد، میزان افت وزن کاهش و بعد از آن با افزایش غلظت تا 2 درصد، میزان افت وزنی افزایش می‌یابد. Chien و Yang (2007) نیز نشان دادندکه پوشش چیتوزان، تغییر وزن ناشی ازدست دادن آب و افت کیفیت حسی در قطعات انبه را به تاخیر می‌اندازد. Ali و همکاران (2011) نیز بر خلاف نتایج این تحقیق در مورد زردآلو، نشان دادند که در مورد میوه پاپایا پوشش داده شده با چیتوزان، درصد افت وزن در نمونه‌های پوشش داده شده با غلظت‌های بالاتر چیتوزان کمتر است.

کاهش وزن میوه عمدتا با تنفس وتبخیر رطوبت از طریق پوست در ارتباط است. پوست نازک زردآلو، آن را برای ازدست دادن سریع آب مستعد می‌کند و در نتیجه باعث چروکیدگی آن می‌شود. پوشش‌های خوراکی به‌عنوان مانعی عمل کرده و در نتیجه انتقال آب را محدود کرده و از پوست میوه در برابر صدمات مکانیکی حفاظت می‌کنند. با رسیده‌تر شدن محصول بافت کوتیکولی محصول تخریب شده و رطوبت بیشتری از آن تبخیر می‌شود و لذا درصد افت وزن افزایش می‌یابد (Seymour *et al.*, 1993). در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر احتمالا پوشش آلژینات با پوشاندن منافذ ناشی از تخریب کوتیکول از کاهش وزن جلوگیری می‌کند، ولی در غلظت‌های بالا، احتمالا پروتئین آب پنیر مانع از پوشش یکنواخت منافذ توسط آلژینات سدیم می‌شود و به همین دلیل در غلظت‌های بالای پروتئین آب پنیر درصد افت وزن افزایش یافته است (Seymour *et al.*, 1993).



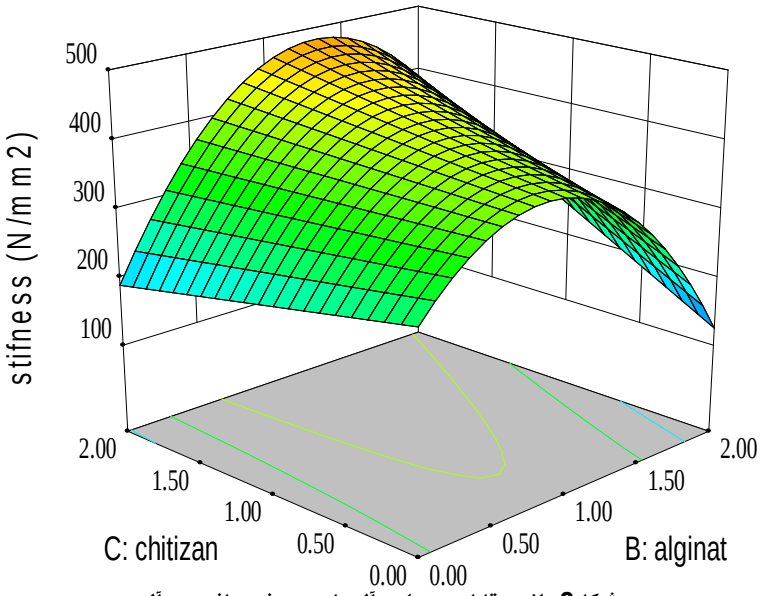
شکل1- اثر متقابل غلظت آلژینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر درصد کاهش وزن زردآلو

اثرغلظت پوشش‌های خوراکی بر سفتی بافت

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها برتغییرات سفتی بافت نشان داد که اثر غلظت کنسانتره پروتئین آب پنیر بر سفتی بافت زردآلو معنی‌دار نبوده است، ولی غلظت چیتوزان و آلژینات سدیم، اثر معناداری را نشان داد ($P<0.05$). نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که چیتوزان و آلژینات سدیم نقش مهمی در حفظ سفتی بافت دارند. با توجه به شکل 2، افزایش غلظت آلژینات سدیم تا یک درصد سبب افزایش سفتی بافت زردآلو می‌شود که این افزایش در غلظت‌های بالای چیتوزان بیشتر می‌باشد، به‌طوری‌که بیشترین میزان سفتی در زردآلوهای پوشش داده شده با 1 درصد آلژینات و 2 درصد چیتوزان مشاهده شد. بافت یکی از ویژگی‌های بسیارمهم برای مصرف‌کننده در تایید کیفیت برای میوه و سبزیجات تازه است. زردآلو یک میوه نرم است که سریع استحکام بافت خود را ازدست داده، تا حد زیادی عمر پس از برداشت آن کوتاه بوده و حساسیت به آلودگی قارچی دارد (زکایی خسروشاهی و اثنی‌عشری، 1387).

Hernandez-Munoz و همکاران (2008)، گزارش کردند که پوشش چیتوزان اثرات بسیار مفیدی برسفتی بافت توت فرنگی در پایان دوره انبارداری دارد و توت فرنگی‌های پوشش داده شده با آن استحکام بافت بالاتری نسبت به میوه‌های بدون پوشش (شاهد) نشان دادند. طبق گزارشات این محققین، غلظت 1/5 درصد چیتوزان در حفظ سفتی بافت میوه موثرتر بود. Ali و همکاران (2011) نیز نشان دادن که غلظت‌های بالاتر چیتوزان نسبت به غلظت‌های پایین‌تر یا

نمونه‌های شاهد سبب حفظ بهتر سفتی بافت پاپایا در طی نگهـداری می‌شوند.



شکل2- اثر متقابل چیتوزان وآلژینات برسفتی بافت زردآلو

تغییرات شاخص رنگ

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر غلظت چیتوزان و اثر متقابل چیتوزان و آلژینات سدیم در سطح 5 درصد بر پارامتر b^* و تنهـا اثـر متقابل غلظت چیتوزان و آلژینات سدیم بر میزان روشنی نمونه‌ها (L^*) در سطح 5 درصد معنی‌دار می‌باشند. هیچکدام از غلظت‌ها بـر میـزان قرمزی (a^*) رنگ نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری نداشتند. با توجه به شـکل 3 مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت چیتوزان و کـاهش آلژینـات سدیم به‌طورهمزمان از میزان زردی نمونه‌ها کاسته می‌شود (کـاهش b^*) در پایان دوره نگهداری شده اسـت. شـکل شـماره 4 نیـز نشـان می‌دهد که افزایش غلظت چیتوزان و آلژینات سـدیم باعـث کـاهش روشنایی و افزایش رنگ تیره (کاهش L^*) میوه در پایان دوره نگهداری شده است.

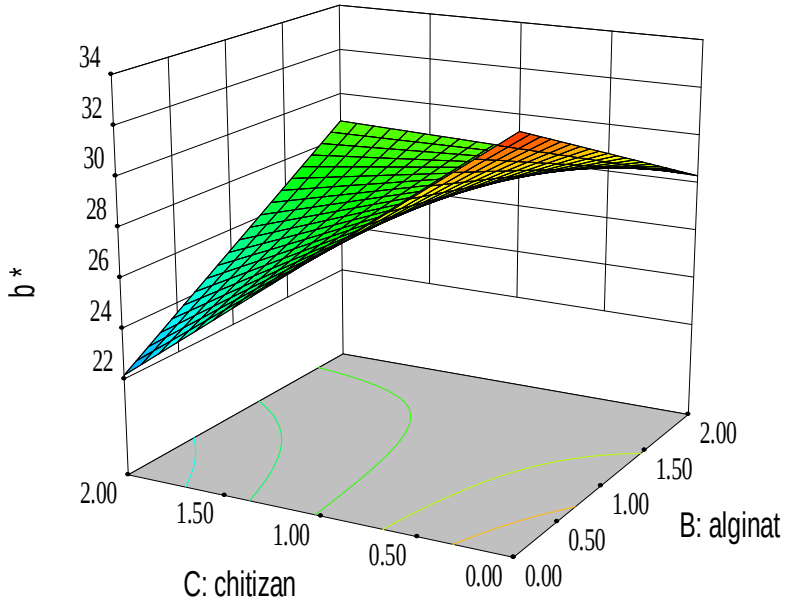
رنگ یک عامل مهم درکیفیت زردآلـو اسـت. تغییـرات رنـگ در زردآلوی رسیده در طی مدت انباری به دلیل افزایش تـنفس و بـدون کاهش جذب اکسیژن رخ می‌دهـد. کنتـرل ازدسـت دادن رطوبـت از طریق پوشش‌دهی (چیتوزان) می‌تواند تغییـرات رنـگ در زردآلوهـای رسیده را به حداقل برساند. به غیر از اثـر از دسـت دادن رطوبـت بـر تغییرات رنگ زردآلو، دمای نگهداری نیز تـا حـد زیـادی تـاثیر دارد. بنابراین انتظار می‌رود که بین نمونه‌هایی که پوشش داده شده و درجه حرارت آن کنترل شده با نمونه‌هایی که در دماهای بالاتر نگهـداری شده‌اند اختلاف رنگ شدیدتر باشد. نتایج این تحقیق برخلاف نتـایج مستوفی و همکاران (1390) بود. آن‌ها گزارش کردند کـه انگورهـای تیمارشده با چیتوزان دارای درخشندگی بیشتری نسبت به نمونه شاهد بودند، اما افزایش از دست دادن رنگ هم در نمونه‌هـای تیمارشـده و هم در نمونه شاهد با گذشت زمان مشاهد شد. علت این اخـتلاف در نتایج را می‌توان به متفاوت بـودن زمـان نگهـداری و همچنـین اثـر متقابل چیتوزان و آلژینات سدیم نسبت داد. Rojas-Grau و همکاران (2007)، اثرپوشش آلژینات و ژلان را روی نمونـه‌هـای سـیب مـورد بررسی قرارداده و نشان دادند که پوشش‌ها قهوه‌ای شدن و تغییر رنگ سطح آن‌ها درطول نگهداری را به تعویق می‌اندازند.

بارمیکروبی

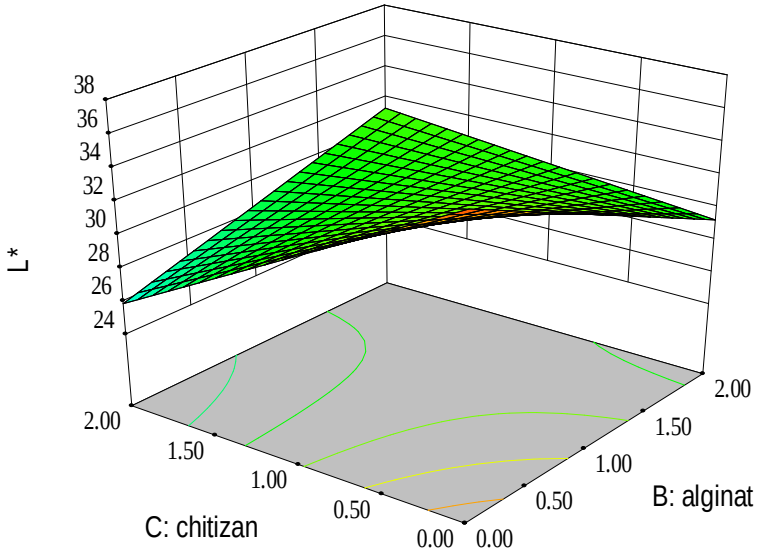
نتایج آنالیز واریانس مربوط به شمارش بار میکروبی نشان داد که اثر ساده و توان دوم چیتوزان در سـطح یـک درصـد، و اثـر متقابـل چیتوزان و پروتئین آب پنیر در سطح 5 درصد، بر میزان بار میکروبی نمونه‌های زردآلو معنی‌دار می‌باشند. در شکل 5 مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت چیتوزان بار میکروبی نمونه‌ها کاهش یافته است و این کاهش در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر بیشتر بوده است. احتمالا در غلظت‌های پایین پروتئین آب‌پنیر، چیتوزان به علت بیشـتر بـودن غلظت آن در مقایسه با کنسانتره پروتئین آب پنیر بیشتر توانسته است اثر ضدمیکروبی خود را اعمال کند. چیتوزان یک پلی‌ساکارید کاتیونی است کـه محلـول در آب بـوده و طیـف ضـدمیکروبی وسـیعی دارد. چیتوزان به سلول‌های باکتریایی که به‌صورت منفی بـاردار شـده‌انـد متصل شده و در کـار غشـا و انتقـال مـواد اخـتلال ایجـاد مـی‌کنـد

(Mortazavi & Ziaolhagh, 2016).

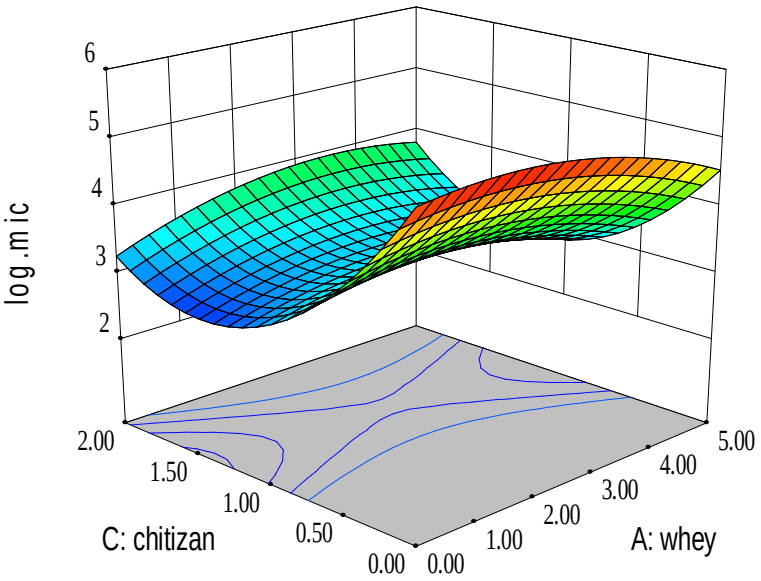
Chien و همکاران (2007) اثرات پوشش چیتوزان را بر کیفیت و ماندگاری قطعات انبه مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها قطعات انبه را با محلول‌های 0/5، 1 و 2 درصد چیتوزان تیمار نمودند و نشان دادند که پوشش چیتوزان، از رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند. Dong و همکاران (2004) در مورد میوه لیچی و Khalid و همکاران (2010) در مورد کنگر فرنگی نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. تاج‌الدین (1394) نیز نشان داد که سرعت افزایش بار میکروبی نمونه‌های زردآلو پوشش داده شده با نانو ذارت چیتوزان نسبت به نمونه‌های شاهد در طی نگهداری به مدت 8 هفته بسیار کاهش می‌یابد



شکل3- اثر متقابل چیتوزان وآلژینات بر زردی رنگ زردآلو



شکل4-اثر متقابل چیتوزان وآلژینات بر روشنی رنگ زردآلو



شکل5- اثر متقابل چیتوازان و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر شمارش کلی زردآلو

اسیدیته

اثر توان دوم آلژینات سدیم در سطح یک درصد و اثرات متقابل آلژینات سدیم و چیتوزان در سطح 5 درصد بر میزان اسیدیته زردآلوها معنی‌دار بودهمان‌طور که در شکل 6 مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت چیتوزان اسیدیته افزایش و با افزایش غلظت آلژینات اسیدیته در ابتدا تا غلظت حدود 1 درصد افزایش و بعد از آن با افزایش بیشتر غلظت کاهش یافته است. در ابتدا که غلظت آلژینات کم است، به علت کاهش فرآیند تنفس اسیدیته افزایش یافته است ولی در غلظتهای بالاتر از حدود یک درصد، اسیدیته به علت فعالیت‌های متابولیکی میوه کاهش می‌یابد. احتمالا پوشش چیتوزان در غلظت‌های پایین (0/5درصد) قادر به اصلاح اتمسفر داخلی میوه جهت جلوگیری از کاهش اسیدیته نبوده است (Ali و همکاران، 2011). میزان اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی میوه در ارتباط می‌باشد و موجب طعم ترش در میوه می‌گردند. با رسیدن میوه میزان اسیدها آلی کاهش می‌یابند. میزان اسیدهای آلی در دوره برداشت میوه به مواد جامد قابل حل و سرعت تجزیه اسیدها بستگی دارد. تجزیه اسیدهای آلی در دوره رسیدن میوه به تنفس وابسته است (میدانی، 1376). Ghasemnezhad و همکاران (2010) اختلاف معنی‌داری بین اسیدیته زردآلوهای پوشش داده شده با چیتوزان و نمونه‌های شاهد پیدا نکردند و کاهش اسیدیته در پایان دوره نگهداری را به تغییرات متابولیکی میوه یا مصرف شدن اسیدهای آلی در فرآیند تنفس نسبت دادند. Ali و همکاران (2011) مشاهده کردند که اسیدیته پاپایای پوشش داده شده با چیتوزان در طی زمان نگهداری تا 6 هفته کاهش می‌یابد که این کاهش در غلظت‌های بالاتر چیتوزان کمتر است. آن‌ها بیشترین مقدار اسیدیته را در میوه‌های پوشش داده شده با غلظت 2 درصد چیتوزان پس از 5 هفته نگهداری مشاهده کردند.

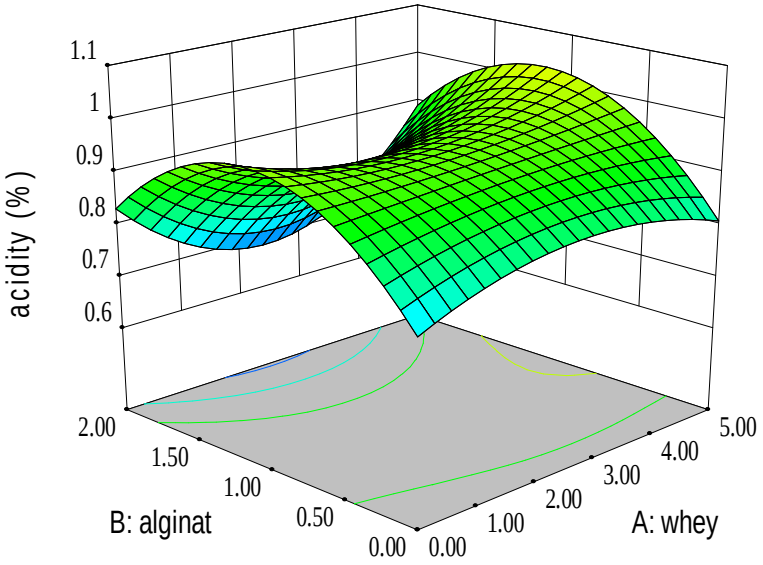
ویتامین ث

در مورد ویتامین ث، تنها اثر توان دوم آلژینات سدیم معنی‌دار بود ($p<0.01$) و سایر غلظت‌ها فاقد اثر معنی‌دار بودند. با توجه به شکل 7 مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت آلژینات تا حدود یک درصد مقدار ویتامین ث افزایش و با افزایش بیشتر غلظت کاهش می‌یابد. میزان ویتامین ث در زردآلو بین 8 تا10 درصدگرم متفاوت می‌باشد. این ویتامین طی مدت نگهداری یارسیدگی میوه براثرفعالیت آسکوربیک اکسیداز تجزیه شده و میزان آن کاهش می یابد. Ghasemnezhad و همکاران (2010) نیز اختلاف معنی‌داری بین مقدار ویتامین ث زردآلوهای پوشش داده شده با چیتوزان و نمونه‌های شاهد پیدا نکردند ولی Ali و همکاران (2011) نشان دادند که پوشش چیتوزان سنتز اسید آسکوربیک در طی فرآیند رسیدن پاپایا را کند می‌کند.

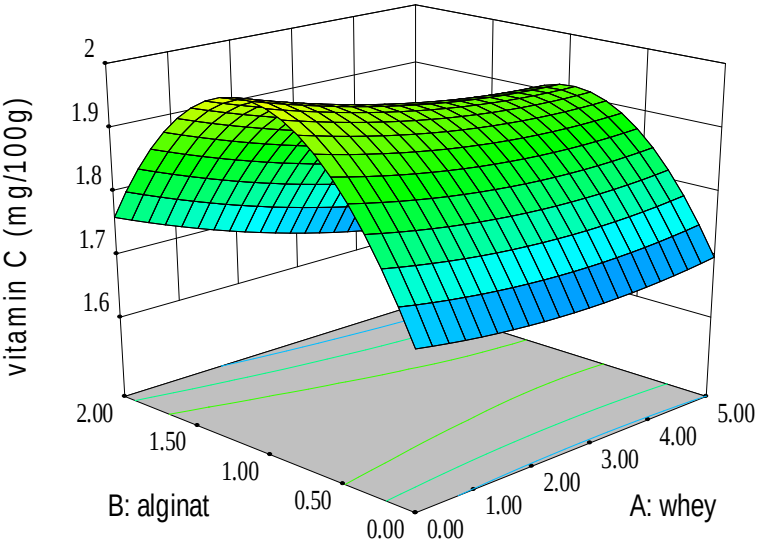
قهوه‌ای شدن

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تنها اثر توان دوم غلظت چیتوزان بر میزان قهوه‌ای شدن نمونه‌ها دارای اثر معنی‌دار بود

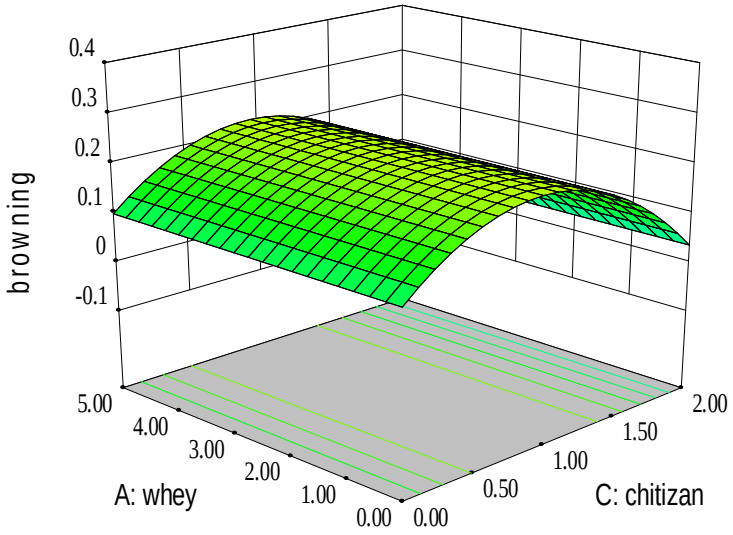
(P<0.01). با افزایش غلظت چیتوزان تا حدود یک درصد بـر میـزان قهوه‌ای شدن زردآلوهای پوشش داده شده افزوده شد، ولی با افزایش بیشتر غلظت چیتوزان تا 2 درصد از میـزان قهـوه‌ای شـدن زردآلوهـا کاسته شد (شکل8). این نتیجه نشان می‌دهد که غلظت‌هـای بـالای چیتوزان از تماس اکسیژن با سطح زردآلوها جلوگیری کرده و مانع از انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن شده است. Rojas-Grau و همکاران (2007)، نیز نشان دادند که پوشش‌های آلژینات و ژلان قهوه‌ای شدن سیب در طول نگه‌داری را به تعویق می‌اندازند. Huimin و همکاران (2009) تاثیر پوشش‌های مختلف نظیـر کاراگینان،کربوکسـی متیـل سلولز و سدیم آلژینات و ترکیب آن‌ها در قهوه‌ای شدن هلـو در طـی نگهداری در دمای 5 درجه سانتی‌گراد را بررسی کرده و نشان دادنـد که پوشش دهی با سدیم آلژینات ضمن متوقف کردن فعالیت پلی فنل اکسیداز، میزان قهوه‌ای شدن هلو را نیز کاهش می‌دهد.



شکل6- اثر متقابل چیتوزان و آلژینات سدیم بر اسیدیته زردآلو



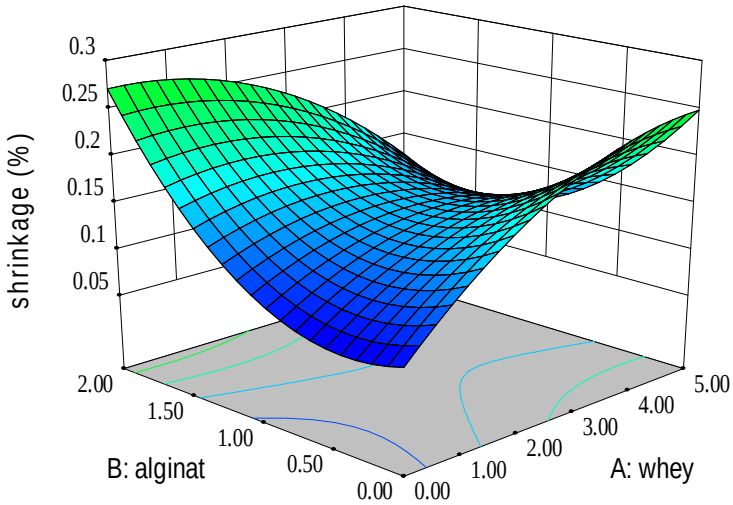
شکل7- اثر متقابل کنسانتره پروتئین آب پنیر وآلژینات سدیم بر ویتامین ث زردآلو



شکل8- اثر متقابل کنسانتره پروتئین آب پنیر و چیتوزان بر قهوه‌ای شدن زردآلو

چروکیدگی

در مورد چروکیدگی نیز نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تنها اثر متقابل پروتئن آب پنیر و آلژینات سدیم دارای اثر معنی‌دار هستند ($P<0.01$). همان‌طور که در شکل 9 مشاهده می‌شود با افزایش غلظت آلژینات سدیم در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر، چروکیدگی افزایش یافته است، ولی در غلظت‌های بالای پروتئین آب پنیر، میزان چروکیدگی با افزایش غلظت آلژینات سدیم کاهش یافته است. این پدیده نشان می‌دهد که ترکیب این دو پوشش در غلظت‌های بالا توانسته است پوشش یکنواختی را روی زردآلوها ایجاد کرده و از تبخیر آب و در نتیجه چروکیدگی زردآلوها جلوگیری کند. استفاده از پوشش‌های خوراکی در محصولات تازه و از جمله میوه‌ها از بروز تغییرات ناخواسته در محصول جلوگیری کرده و به عنوان مانعی در برابر بخار آب و سایر گازها عمل می‌کنند و لذا از چروکیدگی محصول جلوگیری می‌شود (Baldwin *et al.*, 1996).



شکل9- اثر متقابل کنسانتره پروتئین آب پنیر و آلژینات سدیم بر چروکیدگی (درصد) زردآلو

بهینه‌سازی

برای بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش خوراکی، نتایج حاصله در نرم‌افزار دیزاین اکسپرت ویرایش 8 آنالیز شد. اهداف بهینه‌سازی شامل به حداکثر رساندن میزان سفتی، ویتامین ث، میزان زردی رنگ (b^*) و میزان روشنایی (L^*) و به حداقل رساندن درصد افت وزن، بار میکروبی و میزان چروکیدگی بود. بر این اساس، بهترین فرمولاسیون پوشش خوراکی برای زردآلو شامل 1/25 درصد آلژینات، 1/45 درصد چیتوزان و صفر درصد پروتئین آب پنیر با درجه مطلوبیت 0/676 به دست آمد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف مطالعه تغییرات کمی وکیفی میوه زردآلوی پوشش داده شده با درصدهای مختلفی از پوشش‌های خوراکی چیتوزان، آلژینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب پنیر در طی نگهداری در سردخانه صورت گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پوشش‌های خوراکی نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش زمان ماندگاری زردآلو دارند و با انتخاب پوشش مناسب می‌توان ضمن حفظ تازگی میوه برای مدت طولانی‌تر، از پوسیدگی محصول نیز جلوگیری کرد؛ به‌طوری که با استفاده از ترکیب محلول 1/25 درصد آلژینات سدیم با محلول 1/45 درصد چیتوزان می‌توان به خوبی زردآلوهای تازه را برای مدت 5 هفته در سردخانه نگهداری کرد.

تشکر و قدردانی

از سپاه استان سمنان، بسیج علمی پژوهشی استان سمنان ،مرکز رشد شهید تهرانی مقدم و مرکزتحقیقات کشاورزی استان سمنان (شاهرود)، برای فراهم نمودن امکانات انجام تحقیق قدردانی می‌شود.

منابع

Ali, A., Muhammad, M.T.M., Sijam, K. and Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 124 (2), 620-626.

Arnon, H., Zaitsev, Y., Porat, R. & Poverenov, E. (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest biology and technology*, 87, 21-26.

Arzani, K., Imani, A. (1998). The importance of orchard establishment and factors affecting fruit industry. Pub. By Agricultural Education Publisher, *Ministry of Agriculture*, Karaj, Iran.26 p.

Baldwin, E. A., Nisperos, M. O., Chen, X., & Hagenmaier, R. D. (1996). Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 9(2), 151–163.

Belgheisi, S., Azizi, M., Zohourian, G., Hadian, Z. (2008). Assessment of physical properties of whey protein-monoglyceride edible film and its coating effect on the moisture loss and sensory properties of fresh mutton. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 3 (3), 83-93.

Chien, P., Yang, F. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, 78 (1), 225–229.

Denavi, G., Blacido.T, Anon, M., Sobral, P., Mauri, A. & Menegalli, F. (2009). Effects of drying conditions on some physical properties of soy protein films. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 341–349.

Dong, H., Cheng, L., Tan, J., Zheng, K. & Jiang, Y. (2004). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *Journal of Food Engineering*, 64(3), 355–358.

Ebrahimi, H., Sani Shariatpanahi, M. and Ziaolhagh, H.R. (2013). Evaluating the effect of variety and pretreatments on the quality of dried apricots. *Iranian food science and technology research journal*, 9(3):260-269.

Ghasemnezhad, M., Shiri, M.A. & Sanavi, M. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (Prunus armeniaca L.) during cold storage. *Caspian Journal of Environmental Science*s, 8(1), 25-33.

Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (Fragaria× ananassa) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, *110*(2), 428-435.

Huimin, J., Tao, H., Liping, L., & Haiying, Z. (2009). Effects of edible coatings on browning of fresh-cut peach fruits. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 25(3), 282-286.

Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). (2008).Fruit Juices: Tests methods, No. 2685.

Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). (2012). Fruis, vegetables and their products: Ascorbic acid determination, Part 2: Conventional Method. No. 14617-2.

Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2015). Food chain microbiology: A comprehensive method for microbial enumeration, Part 1: Colony count at 30°C using mixed culture. No. 5272-1.

Khalid, Z., BeatrizUrsúa, B., & Juani, M.A. (2010). Application of bioactive coatings based on chitosan for artichoke seed protection. *Crop Protection*, 29(8), 853-859.

Mehrzad, S., Najari Milani, N., Zamani, H. and Hashemzaee,A. (2011). Effect of chitosan coating on physicochemical, microbial, and organoleptic characteristics of strawberries. *National Conference on Food Industry*, Ghochan, Iran.

Meydani, J., Hashemi Dezfouli, A. (1998). Post-harvest physiology. Agricultural Education AREEO Press.

Mortazavi, A., Ziaolhagh, S.H. (2016). Modern food microbiology. Jay, J.M., Loessner, M.J., Golden, D.A Mashhad. Ferdowsi University Press.

Mostofi, Y., Dehestani Ardakani, M., Razavi, S.H. (2011). The effect of chitosan on postharvest life extension and qualitative characteristics of table grape "shahroodi". *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 8(30), 93-102.

Perez-Gago, M.B., Serra, M., Del Rio, M.A. (2006). Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 84–92.

Puerta-Gomez, A.F., Cisneros-Zevallos, L. (2011). Postharvest studies beyond fresh market eating quality: Phytochemical antioxidant changes in peach and plum fruit during ripening and advanced senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 60 (3), 220–224.

Rojas-Grau, M., Raybaudi-Massilia, R., Soliva-Fortuny, R., Avena-Bustillos, R., Mc Hugh, T., & Martín-Belloso, O. (2007). Apple puree-alginate edible coatings as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Post harvest Biology and Technology*, 45, 254-264.

Roussos, P.A., Sefferou, V., Denaxa, N.K., Tsantili, E., Stathis, V. (2011). Apricot (Prunusarmeniaca L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load. *Scientia Horticulturae*, 129 (3), 472–478.

Sadeghipour, M., Badii F., Behmadi, H., Bazyar, B. (2012). The effect of methyl cellulose based active edible coatings on the storage life of tomato. Iranian Journal of Food Science and Technology. 9(35), 89-98.

Seymour, G.B., Taylor, J.E., & Tucker, G.A. (1993). Biochemistry of fruit ripening. Chapman and Hall.

Shakouri, S., Ziaolhagh, H., Sharifi-Rad, J., Heydari-Majd, M., Tajali, R., Nezarat, S. & Teixeira da Silva, J.A. (2015). The effect of packaging material and storage period on microwave-dried potato (Solanum tuberosum L.) cubes. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3899-3910.

Tajeddin, B. (1994). The Effect of Two Packaging Methods Based on Nano-Chitosan on the Microbial Properties of Two Varieties of Apricot (58-Shahrood and Chin Kalaghi). *Journal of Food technology and Nutritio*, 12(4), 14-54.

Ziaolhagh, S.H. (2016). Formulation of walnut cream: Evaluating physicochemical and functional properties, Ph.D thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Zokaee Khosroshahi, M.R., Esna-Ashari, M. (2008). Effect of Putrescine Application on Post-Harvest Life and Physiology of Strawberry, Apricot, Peach and Sweet Cherry Fruits. *Journal of Water and Soil Sciences*, 12 (45), 219-230.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 307- 320

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد - تیر 1397 ص.320-307

The effects of edible coatings of chitosan, sodium alginate and whey protein concentrate on the shelflife of Rajabali variety apricots

M. Abedian[1], S.H. Ziaolhagh*[2], A. Najafi[3]

Received: 2016.07.13
Accepted: 2017.09.11

Introduction. Apricot is a soft fruit that normally does not have any resistance to transportation and storage conditions. In addition, apricots are climacteric fruits, produces high levels of ethylene during ripening process and have a high respiration rate. For this reason, they are very susceptible to physiological and microbial spoilage and have a very short shelf life. Thus, it is difficult to export this product with good quality and low waste or it is very limited. Application of edible coatings could increase the storability of apricots and delay their spoilage. Edible coatings cover the surface of the fruit and function as a barrier against water vapor, respiration gasses, and microorganisms. The effect of different natural polymers as edible coatings on the quality and shelf life of different fruits has been investigated by many researchers. Chitosan has been used in the formulation of edible coatings to extend the shelf life of citrus, papaya, strawberries and grapes (Arnon *et al*. 2014; Ali *et al*. 2011; mehrzad *et al*. 2011; Mostofi *et al*. 2011). Apples coated with whey protein concentrate showed more lightness compared with non-coated ones (Perez-Gago *et al*. 2006). In most studies, the effects of single edible coatings on the quality of fruits have been studied. In this research the quantitative and qualitative changes during ripening and cold storage of apricots coated with different formulations of whey protein concentrate, sodium alginate and chitosan were studied.

Materials and methods "Rajabali" variety apricots were picked up at optimum maturity and damaged ones were separated. Edible coating solutions were prepared by dissolving different amounts of whey protein concentrate, sodium alginate and chitosan in to distilled water. Glycerol was used as plasticizer. The apricots were dipped in the prepared solutions with different concentrations for at least five minutes. Then they were stored for 35 days at 2°C. Some quantitative and qualitative characteristics of coated apricots, such as weight loss, acidity, color, texture, shrinkage, browning reactions, vitamin C, and microbial load were determined after 0 and 35 days of storage. The results were analyzed by response surface methodology based on central composite design with five replications at the central point.

Results & discussion. The statistical analysis of the results by central composite design (CCD) indicated that the different concentrations of whey protein did not have any significant effect on weight loss during storage. The weight loss decreased as the concentration of sodium alginate and chitosan increased. Chitosan and sodium alginate had an important role in maintaining firmness. The firmness of apricots were highest at the upper limit of sodium alginate (1%) and chitosan concentrations (2%). The b^* (yellowness) and L^* (lightness) values of the apricots were increased as the concentration of chitosan was increased and the concentration of sodium alginate decreased. No significant difference was observed between the a* values (redness) of apricots treated with different coatings. In addition, the acidity of the apricots was increased by increasing the concentration of chitosan and decreased by increasing the concentration of sodium alginate. Browning of the coated fruits was also increased as the concentration of chitosan was increased to 1%. Increasing the concentration of sodium alginate increased the shrinkage of the apricots at low concentrations of whey protein concentrate and decreased it at high concentrations of whey protein concentrate. It was also shown that increasing concentrations of chitosan would reduce microbial load. The optimization of the formulations with Design Expert software showed that the best formulation of edible coating for preserving apricots was 1.45% of chitosan, 1.25% of alginate, and 0 percent for Whey protein concentrate.

1 and 3. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Damghan Branch,Islamic Azad University, Damghan, Iran.
2. Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Semnan Province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran.
(Corresponding Author Email: hziolhagh@gmail.com)

Keywords: Apricots, Chitosan, Edible Coatings, Shelf Life, Sodium Alginate, Whey Protein Concentrate