

بررسی اثر پوشش دهی با پکتین و کتیرا بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری قارچ دکمه‌ای

آذین عبدالهی^{a*}، محمد رضا سعیدی اصل^b، الناز میلانی^c

^a دانش‌آموخته دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران.

^b استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

^c دانشیار، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران.

چکیده

مقدمه: قارچ خوراکی از محصولات کشاورزی با ماندگاری پایین بوده و پس از گذشت چند روز از کیفیت آن کاسته می‌شود. پوشش دهی قارچ یکی از روش‌های کاهش سرعت فساد آن می‌باشد که در این مطالعه مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق تأثیر پوشش‌های خوراکی پکتین (در سه سطح ۱، ۲ و ۳ درصد وزنی/ وزنی) و کتیرا (در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی/ وزنی) بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، جذب روغن و ماندگاری قارچ دکمه‌ای سفید در طی ۱۴ روز نگهداری در دمای 4 ± 1 درجه سانتی‌گراد با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) بررسی شد.

یافته‌ها: pH، تغییرات کاهش وزن، جذب روغن، کروما، اندیس قهوه‌ای شدن و کاهش رطوبت در نمونه‌های پوشش داده شده با ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا نسبت به نمونه‌های بدون پوشش به ترتیب ۷/۵۵ درصد، ۸۶ درصد، ۱۴۰ درصد، ۳۸ درصد، ۸۴ درصد، ۱۷/۴۵ درصد کاهش و راندمان سرخ کردن، سفتی بافت و خواص حسی به ترتیب ۱۴/۲۴ درصد، ۳۷/۹۸ درصد و ۶۶/۳۲ درصد افزایش یافت. با افزایش غلظت پوشش، تغییرات کلی رنگ کاهش و درصد پوشش دهی افزایش یافت. گذشت زمان تأثیر معکوس بر پارامترهای ذکر شده داشت.

نتیجه‌گیری: پوشش‌های خوراکی پکتین و کتیرا به ترتیب در غلظت ۳ و ۱/۵ درصد به‌عنوان بهترین و تأثیرگذارترین پوشش جهت حفظ خواص قارچ دکمه‌ای سفید در طی ۱۴ روز نگهداری در یخچال معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌ساکارید، پوشش خوراکی، جذب روغن، قارچ دکمه‌ای

مقدمه

تولید قارچ بطور سالانه در جهان از حدود ۵ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ عبور کرده است. قارچ‌ها را می‌توان به‌عنوان یک غذای سالم و مغذی حاوی مقدار مناسب پروتئین، املاح و ویتامین‌ها مورد استفاده قرار داد. قارچ‌ها به دلیل دارا بودن مقدار پایین چربی و کربوهیدرات‌های قابل هضم، فرآورده غذایی مناسب برای رژیم‌های کم‌کالری محسوب می‌شوند (Javadian Kutnai *et al.*, 2014). قارچ پس از برداشت به علت عدم وجود کوتیکول، سرعت بالای تنفس، رطوبت بالا و فعالیت آنزیمی شدید دارای ماندگاری کمتری نسبت به سایر سبزی‌ها بوده، و به سرعت فاسد می‌شود، بنابراین باید در مدت زمان کوتاهی مصرف یا فرآوری شود. استفاده از روش‌های مختلف فرآوری برای کاهش ضایعات یک ضرورت می‌باشد (Mohebbi *et al.*, 2012; Jiang *et al.*, 2013).

در حال حاضر تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از مواد غذایی سالم فاقد افزودنی‌های سنتزی و حاوی ترکیبات ضد میکروبی طبیعی با منشاء گیاهی یا حیوانی، به منظور مهار تغییرات میکروبی، شیمیایی و افزایش ماندگاری مواد غذایی افزایش یافته است. توسعه پوشش‌های طبیعی برای کاهش سرعت تنفس و قهوه‌ای شدن آنزیمی به دلیل جنبه‌های خطرناک نگهدارنده‌های شیمیایی در حال گسترش است (Lee *et al.*, 2003). پوشش‌های خوراکی لایه‌های نازکی هستند که بر روی سطح غذا قرار می‌گیرند و به منظور کاهش تغییرات کیفی و افزایش ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده می‌شوند. آنها می‌توانند حاوی آنتی‌اکسیدان‌ها و مواد ضد میکروبی باشد. از ویژگی‌های پوشش‌های خوراکی می‌توان به خواص مکانیکی مناسب، کاهش سرعت نفوذ دی‌اکسیدکربن، رطوبت، اکسیژن و چربی‌ها و نگهداری ترکیبات معطر فرار اشاره کرد (Skurtys *et al.*, 2010; Siracusa *et al.*, 2008).

پوشش‌های خوراکی به پوشش‌های پروتئینی، پلی ساکاریدی، لیپیدی و یا ترکیبی از آنها تقسیم‌بندی می‌شوند که می‌توانند با کاهش سرعت خروج آب، موجب افزایش ماندگاری محصولات غذایی گردند (Zapata *et al.*, 2008).

هیدروکلوئیدها، پلیمرهای آبدوست با منشاء گیاهی حیوانی، میکروبی و یا سنتزی می‌باشند که به صورت

گسترده در تشکیل فیلم و پوشش‌های خوراکی استفاده می‌شوند (Williams and Phillips, 2000). تراگانت یا کتیرا (GT) ترشحات خشک شده‌ای است که از بریدن ساقه گونه‌های گون آسیایی (*Leguminosae*) به دست می‌آید. GT یک پلیمر طبیعی، غیر سمی و زیست‌سازگار و شامل بخش‌های محلول در آب (۳۰-۴۰٪) و غیر محلول در آب (۶۰-۷۰٪) است که کتیرا و باسورین نامیده می‌شوند (Azarikia and Abbasi, 2010). صمغ کتیرا به طور گسترده‌ای به‌عنوان یک امولسیفایر و قوام‌دهنده طبیعی در صنایع غذایی، دارویی و صنایع وابسته استفاده می‌شود. کاربرد گسترده آن به دلیل پایداری در طیف وسیعی از دما و pH و اثربخشی به عنوان یک عامل امولسیون کننده با ماندگاری طولانی است (Mohebbi *et al.*, 2012; Otady *et al.*, 2005).

پکتین یکی از مهم‌ترین پلی‌ساکاریدها است و تقاضای بازار جهانی آن در حال افزایش است و به ظرفیت کل تولید حدود ۴۵ تا ۵۰ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ می‌رسد که نشان می‌دهد علاقه صنعت به این پلی‌ساکارید پیچیده روز به روز در حال افزایش است. پکتین یک کربوهیدرات سفید، آمورف و کلوئیدی با وزن مولکولی بالا است که در میوه‌های رسیده، مانند سیب، موز و غیره یافت می‌شود و در ژله‌های میوه‌ای، داروها و لوازم آرایشی به‌دلیل خاصیت غلیظ‌کنندگی و امولسیون‌کنندگی و توانایی تشکیل ژل استفاده می‌شود. تمامی این خواص و کاربردها پکتین را در بازار بیوپلیمرها با پتانسیل و امکانات زیادی برای پیشرفت‌های آتی قرار داده است. مواد پکتیکی در دیواره‌های سلولی و لایه‌های میانی بسیاری از گیاهان و میوه‌ها وجود دارند و اغلب با ساختارهای سلولز، همی سلولز و لیگنین مرتبط هستند. پوشش‌های خوراکی بر پایه پکتین دارای ممانعت‌کنندگی بالا در برابر اکسیژن و روغن‌ها و خواص مکانیکی خوب هستند، اما به‌دلیل ماهیت آبدوست در برابر انتقال رطوبت مؤثر نیستند. آنها در حال حاضر در میوه‌ها و سبزی‌های تازه و کم‌فرآوری شده مانند آووکادو، سیب، زردآلو، شاه بلوط، انواع توت‌ها، گواوا، خربزه، پاپایا، هلو، گردو، هویج و گوجه‌فرنگی استفاده می‌شوند (Valdés *et al.*, 2015).

W_1 و W_2 وزن قارچ به ترتیب قبل و بعد از پوشش‌دهی است.

pH -

۱۰ گرم قارچ در میکسر کاملاً له گردید و مایع آزاد شده از آن با استفاده از سانتریفوژ با دور ۵۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه جدا گردید. سپس pH بوسیله pH متر مدل Inolab (ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد (Hesham & Eissa, 2008).

- بافت سنجی

سفتی بافت بر اساس استاندارد ASTM-D882-09 بوسیله دستگاه بافت‌سنج LLOYD (مدل RS 232 ساخت شرکت AMETEK آمریکا) با پروبی به قطر ۵ میلی‌متر با سرعت ۲ میلی‌متر بر ثانیه و نفوذ ۵ میلی‌متر با بار ۱۰۰ نیوتنی اندازه‌گیری شد (Abdollahi et al., 2022).

- رنگ‌سنجی

شاخص‌های رنگی با استفاده از دستگاه هانت‌رلب (مدل colorflex ساخت آمریکا) طبق استاندارد ASTM E308-08 و بصورت L^* (روشنی)، a^* (قرمزی-سبزی) و b^* (زردی-آبی) ثبت گردید. شاخص C^* یا کروما، ΔE یا تغییرات کلی رنگ و BI یا ضریب قهوه‌ای شدن از طریق روابط ۲-۵ تعیین گردید (Abdollahi et al., 2023).

$$C^* = (a^* + b^*)^{0.5} \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (3)$$

$$\text{Browning Index} = \frac{100(X - 0.31)}{0.172} \quad (4)$$

$$X = \frac{a^* + 1.75L^*}{5.645L^* + a^* - 3.012b^*}$$

- سرخ کردن

برش‌های تازه قارچ تحت فرآیند سرخ کردن عمیق در روغن مخصوص سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ دقیقه قرار گرفتند و سپس آزمون‌های فیزیکوشیمیایی به مدت ۱۴ روز (در روزهای ۰، ۷ و ۱۴) بر روی آنها انجام گرفت.

هدف از انجام این تحقیق پوشش دادن قارچ دکمه‌ای سفید با پکتین و کتیرا و بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن در طی دوره انبارمانی (۱۴ روز) بود.

مواد و روش‌ها

- مواد

پکتین سیب با جرم مولی ۱۰۰۰۰۰-۳۰۰۰۰ و درجه خلوص ۹۰٪ و درجه استری شدن ۷۵-۷۰٪ و آسکوربیک اسید با فرمول مولکولی $C_6H_8O_6$ و جرم مولی ۱۷۶/۱۲ گرم بر مول و درجه خلوص ۹۹/۵ درصد از شرکت سیکما آلدریج آمریکا خریداری شدند. گلیسرول با فرمول شیمیایی $C_3H_8O_3$ و جرم مولی ۹۲/۱ گرم بر مول با خلوص ۸۷٪ و حلال هگزان نرمال با درجه خلوص ۹۹٪ از شرکت مرک تهیه گردید. کتیرا به صورت نواری از عطاری‌های سطح شهر مشهد خریداری شد. قارچ دکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus*) از یکی از گلخانه‌های معتبر در مشهد تهیه شد.

- تهیه محلول پوشش و تیمار قارچ دکمه‌ای سفید

کتیرا در سه سطح ۱/۵، ۱ و ۵/۰ درصد وزنی/ وزنی، پکتین در سه سطح ۳، ۲ و ۱ درصد وزنی/ وزنی و گلیسرول در غلظت ۶۰٪ تهیه گردید و پس از انحلال کامل، برش‌های تازه قارچ (۴×۴ میلی‌متری) به مدت ۱۰ دقیقه در محلول آسکوربیک اسید ۱٪ وزنی/ حجمی (به منظور کاهش سرعت نرم شدن و قهوه‌ای شدن قارچ) خیسانده و بعد از آن به مدت ۲ دقیقه روی الک آبگیری گردید. سپس در محلول‌های پوشش‌دهی به صورت غوطه‌وری به مدت ۵ دقیقه پوشش داده شدند و پس از آبگیری در درون ظروف پلاستیکی درب‌دار و نایلون‌های زیپ دار قرار داده شد و در دمای 1 ± 4 درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴ روز نگهداری شدند. آزمون‌های کیفی در روزهای ۰، ۷ و ۱۴ انجام شد (Arianfar et al., 2011).

- کاهش وزن

درصد کاهش وزن از رابطه ۱ محاسبه گردید (Jiang et al., 2012):

$$(1) \quad \text{کاهش وزن (\%)} = 100 \times \frac{W_1 - W_2}{W_1}$$

- جذب روغن

میزان چربی توسط روش سوکسله و با استفاده از حلال هگزان به مدت ۶ ساعت استخراج و جذب روغن از رابطه ۶ تعیین شد (Abdollahi et al., 2023).

$$OU\% = \frac{LC(after\ coated) - LC(befor\ coated)}{LC(before\ coated)} \times 100 \quad (۶)$$

در این رابطه OU درصد جذب روغن پس از سرخ کردن و LC مقدار روغن نمونه‌ها قبل از سرخ کردن می‌باشد.

- راندمان سرخ کردن

وزن برش‌های قارچ با ترازو با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری و راندمان سرخ کردن طبق رابطه ۷ تعیین شد (Abdollahi et al., 2023).

$$Y(\%) = \frac{F}{NF} \times 100 \quad (۷)$$

Y: راندمان سرخ کردن

F: وزن اسلایس‌های سرخ شده

NF: وزن اسلایس‌های سرخ نشده

- افت رطوبت

میزان رطوبت با روش آون گذاری در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد و با استفاده از فرمول ۸ محاسبه گردید (Abdollahi et al., 2023):

$$100 \times \frac{\text{رطوبت اولیه} - \text{رطوبت نهایی}}{\text{رطوبت اولیه}} = \text{درصد افت رطوبت} \quad (۸)$$

- درصد پوشش‌دهی

درصد پوشش‌دهی از اختلاف وزن بین نمونه‌های پوشش داده شده و نمونه بدون پوشش طبق رابطه ۹ تعیین شد (Abdollahi et al., 2023).

$$CP = [(C - I) / I] \times 100 \quad (۹)$$

CP: درصد پوشش‌دهی

C: وزن نمونه پوشش شده

I: وزن نمونه پوشش نشده

- ارزیابی حسی

طعم، سفتی، ظاهر و پذیرش کلی به روش امتیازدهی در دمای اتاق توسط ۲۰ نفر ارزیاب آموزش دیده (زن و مرد، محدوده سنی ۳۰ تا ۴۰ سالگی) اندازه‌گیری شد (Abdollahi et al., 2023).

- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق از روش آماری سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی با سه متغیر مستقل کتیرا (در سه سطح ۱/۵، ۱ و ۰/۵ درصد وزنی/ وزنی)، پکتین (در سه سطح ۱، ۲ و ۳ درصد وزنی/ وزنی) و زمان نگهداری (۱-۱۴ روز) و ۶ تکرار در نقطه مرکزی طرح جهت بررسی تاثیر فرآیند پوشش‌دهی بر ویژگی‌های کیفی قارچ سفید دکمه‌ای استفاده گردید. از نرم افزار دیزاین اکسپرت (نسخه ۱۳) جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ استفاده شد. کفایت و کیفیت برازش معادلات ارزیابی شده برای متغیرهای وابسته با استفاده از تحلیل واریانس (ANOVA) در سطح معناداری ۰/۰۵ مورد آزمایش قرار گرفت. سپس بر اساس نتایج و جداول آنالیز واریانس به‌دست آمده بر اساس انتخاب سطوحی از پاسخ‌های به دست آمده، تعیین نمونه بهینه انجام شد.

جدول ۱- جدول طرح آماری RSM

Table 1- The Statistical design Table RSM

Run	Factor 1	Factor 2
	A: Pectin(% w/v)	B: Catira(% w/v)
1	2.00	1.00
2	2.00	0.50
3	2.00	1.00
4	1.00	1.00
5	3.00	0.50
6	3.00	1.50
7	1.00	0.50
8	2.00	1.00
9	3.00	1.00
10	2.00	1.50
11	2.00	1.00
12	2.00	1.00
13	1.00	1.50

یافته‌ها

- pH

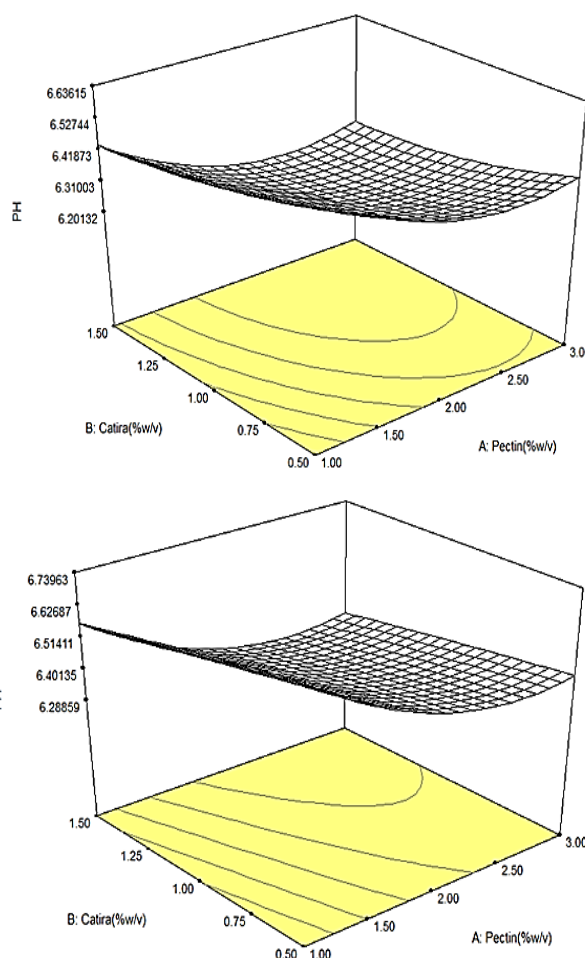
شکل ۱ تاثیر افزایش غلظت پکتین و کتیرا را بر میزان pH در روز ۷ و ۱۴ نشان می‌دهد. با افزایش غلظت پکتین و کتیرا pH به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.0001$). به

یافت ($p < 0.05$). تاثیر کتیرا در افزایش میزان سفتی بیشتر بود؛ به طوری که بیشترین مقدار سفتی در غلظت ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا در روز ۷، به میزان ۱/۷۸۹ و در روز ۱۴، به میزان ۱/۴۴ و کمترین میزان سفتی در غلظت ۱ درصد پکتین و ۰/۵ درصد کتیرا در روز ۷ و ۱۴ به ترتیب ۱/۳۱۵ و ۰/۹۶ مشاهده گردید ($p < 0.05$). بیشترین میزان سفتی قارچ‌های پوشش‌داده شده در روز ۷ ۳۷/۹۸ درصد و در روز ۱۴، ۳۲/۶۳ درصد نسبت به تیمار بدون پوشش افزایش نشان داد. سفتی نمونه‌های بدون پوشش در طی دوره نگهداری ۴۸/۳۸ درصد کاهش قابل ملاحظه‌ای یافت ($p < 0.05$).

طوری که بیشترین مقدار pH در روز ۷ و ۱۴ در غلظت ۱ درصد پکتین و ۰/۵ درصد کتیرا حاصل شد. بیشترین و کمترین میزان pH در روز ۱۴ به ترتیب ۶/۷۳ و ۶/۲۸ و در روز ۷ به ترتیب ۶/۶۳ و ۶/۳۰ بدست آمد. کمترین مقدار pH در روز ۷ و ۱۴ نسبت به نمونه شاهد بدون پوشش به ترتیب ۹/۲۳ درصد و ۸/۸۷ درصد کاهش نشان داد. با افزایش زمان ماندگاری pH افزایش یافت.

– سفتی بافت

شکل ۲ تأثیر افزایش غلظت پکتین و کتیرا را بر میزان سفتی بافت در روز ۷ و ۱۴ نشان می‌دهد. با افزایش غلظت پکتین و کتیرا، سفتی بافت به صورت معنی داری افزایش

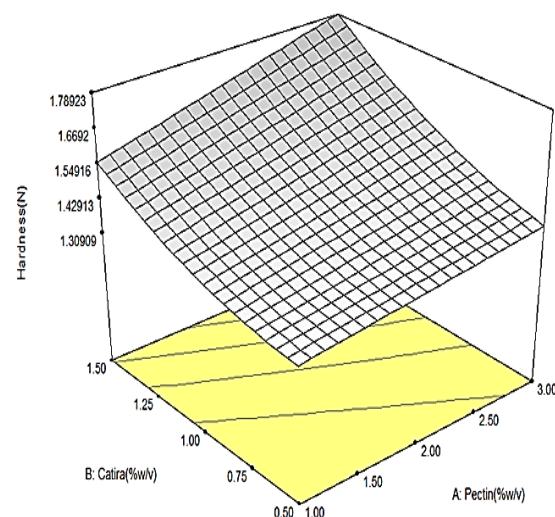


الف

ب

Figure 1- The interaction of different levels of pectin and tragacanth on pH changes on day 7 (a) and day 14 (b)
شکل ۱- تأثیر متقابل افزودن سطوح مختلف پکتین و کتیرا بر تغییرات pH در روز ۷ (الف) و روز ۱۴ (ب)

الف



ب

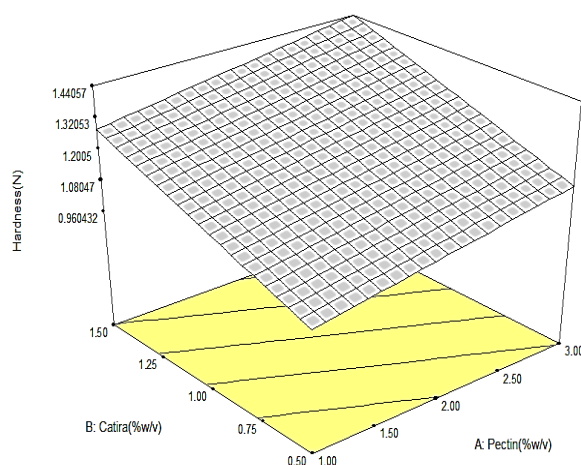


Figure 2- The interaction of different levels of pectin and tragacanth on hardness on day 7 (a) and day 14 (b)
 شکل ۲- نمودار تأثیر متقابل افزودن سطوح مختلف پکتین و کتیرا بر میزان سفتی بافت در روز ۷ (الف) و روز ۱۴ (ب)

۸۰

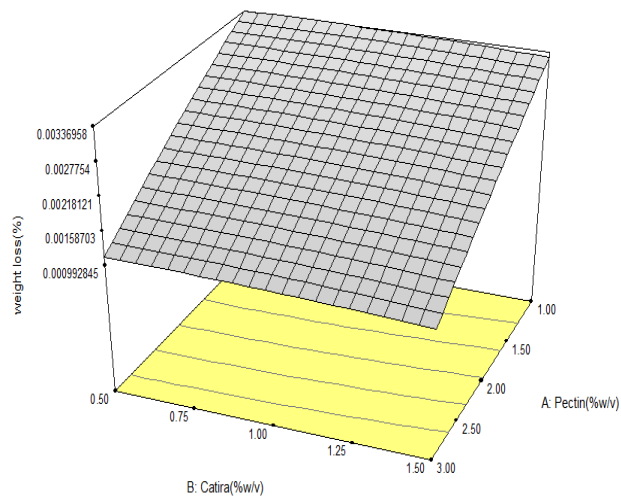
- کاهش وزن

شکل ۳ تأثیر غلظت پکتین و کتیرا را بر میزان کاهش وزن در روزهای صفر، ۷ و ۱۴ نشان می‌دهد. افزایش غلظت پکتین و کتیرا باعث کاهش معنی‌دار کاهش وزن شد ($P < 0.01$). این تأثیر در سطوح بالاتر غلظت کتیرا با شیب تندتری نمایان می‌شود. کمترین میزان کاهش وزن در غلظت ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا بدست آمد که در روزهای ۰، ۷ و ۱۴ به ترتیب برابر با ۰/۰۰۱ درصد، ۲۷/۸۶ درصد و ۶۶/۸۰ درصد بود که نسبت به نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) در روزهای ۷ و ۱۴ به ترتیب ۶۴ درصد و ۸۶ درصد کاهش نشان دادند. با افزایش زمان نگهداری درصد کاهش وزن افزایش یافت ($p < 0.05$).

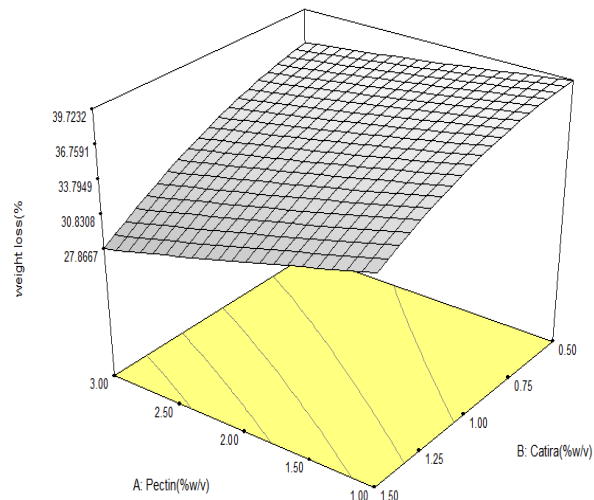
- افت رطوبت

شکل ۴، تأثیر غلظت پکتین و کتیرا را بر میزان افت رطوبت قارچ نشان می‌دهد. در روز صفر با افزایش غلظت پکتین و کتیرا درصد افت رطوبت کاهش یافت ($p < 0.05$). به طوری که این تأثیر در سطوح بالاتر کتیرا بیشتر است. در روزهای ۷ و ۱۴، افزایش غلظت پکتین و کتیرا باعث کاهش درصد افت رطوبت شد. کمترین میزان افت رطوبت در غلظت ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا بدست آمد که در روزهای ۰، ۷ و ۱۴ به ترتیب برابر با ۳۶۹ درصد، ۷۸/۸۲ درصد و ۷۸/۰۲ درصد بود که نسبت به نمونه‌های بدون پوشش به ترتیب ۳/۱۴ درصد، ۱۳/۸۴ درصد و ۱۷/۴۵ درصد کاهش داشت. با گذشت زمان میزان افت رطوبت کاهش یافت ($p < 0.05$).

الف



ب



ج

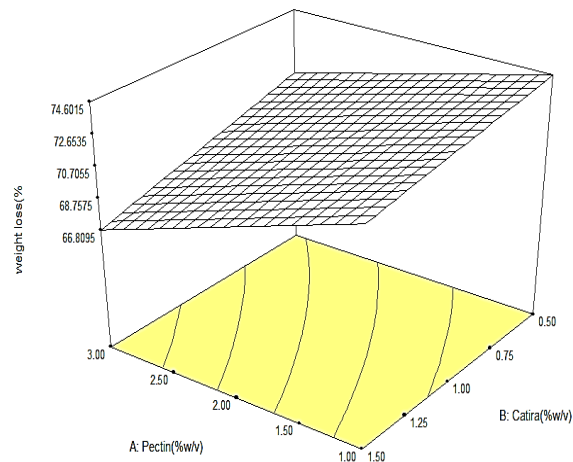


Figure 3- The interaction of different levels of pectin and tragacanth on weight loss on day 7 (a) and day 14 (b).
شکل ۳- تاثیر متقابل افزودن سطوح مختلف پکتین و کتیرا بر میزان درصد کاهش وزن در روز صفر (الف)، ۷ (ب) و ۱۴ (ج).

بررسی اثر پوشش دهی با پکتین و کنیرا بر ویژگی های کیفی و ماندگاری قارچ دکمه ای

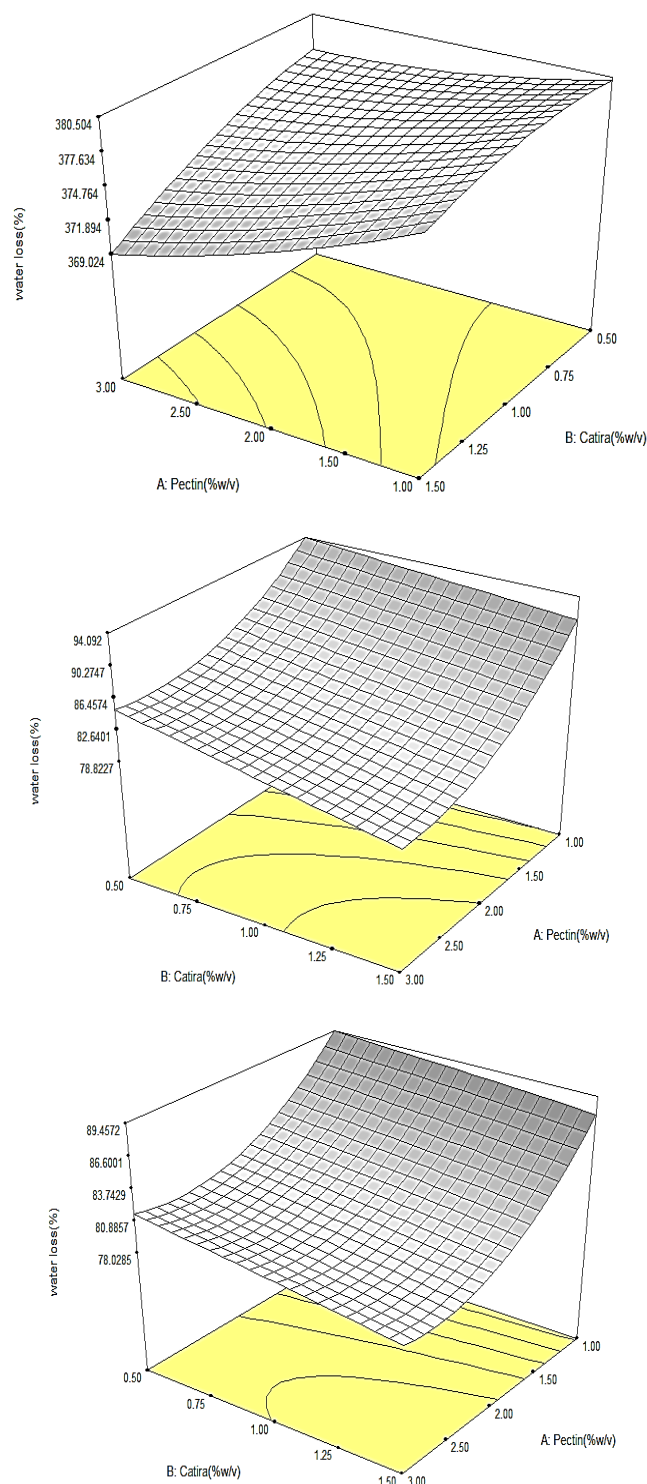


Figure 4- The interaction of different levels of pectin and tragacanth on moisture content on day zero (a), day 7 (b) and day 14 (c).

شکل ۴- تاثیر متقابل افزودن سطوح مختلف پکتین و کنیرا بر میزان درصد افت رطوبت در روز صفر (الف)، ۷ (ب) و ۱۴ (ج).

ضریب قهوه ای شدن، گردید. تأثیر پکتین بر افزایش اختلاف رنگ کل، کروما و ضریب قهوه ای شدن نسبت به کنیرا بیشتر است ($p < 0.05$). بیشترین مقدار کروما در

رنگ -

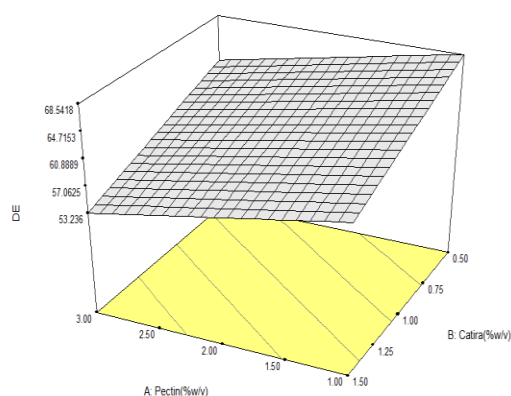
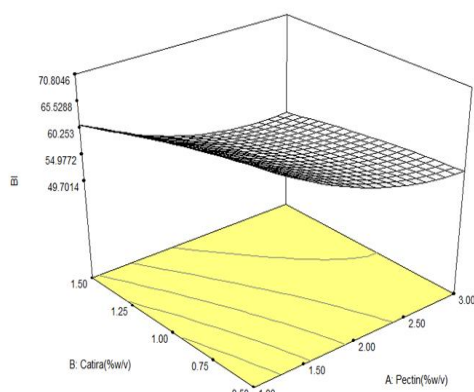
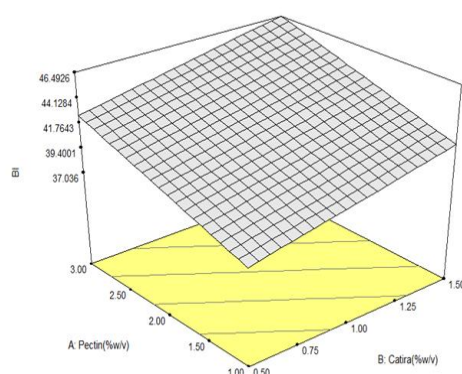
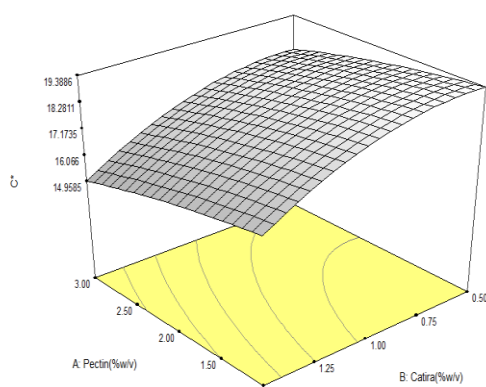
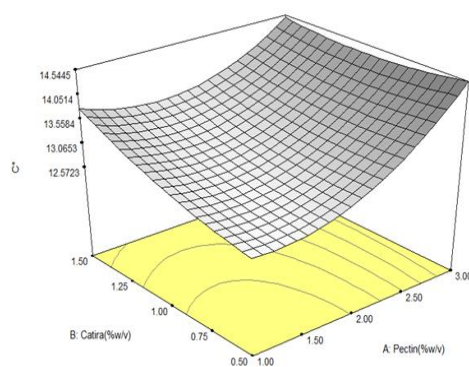
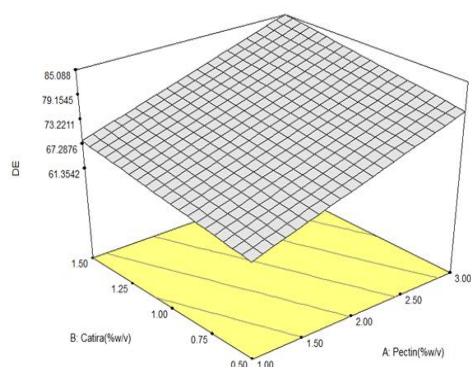
شکل ۵ نشان می دهد در روز صفر افزایش غلظت پکتین و کنیرا باعث افزایش معنی دار کروما، تغییرات کلی رنگ و

گردید که به ترتیب برابر با ۱۴/۹۵، ۵۷/۰۶۲ و ۴۹/۸۷۴ بود.

در روز ۱۴ با افزایش غلظت پکتین و کتیرا، کروما، تغییرات کلی رنگ و ضریب قهوه‌ای شدن کاهش یافت. کمترین میزان کروما، تغییرات کلی رنگ و ضریب قهوه‌ای شدن در غلظت ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا حاصل گردید، که به ترتیب برابر با ۱۸/۳۶، ۶/۹۱ و ۵۳/۳۶ بودند. کروما ۶۱/۶۵ درصد و ضریب قهوه‌ای شدن ۱۶۲/۳۶ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش داشتند. با افزایش زمان نگهداری، کروما، تغییرات کلی رنگ و ضریب قهوه‌ای شدن افزایش یافت ($p<0.05$).

غلظت ۳ درصد پکتین و ۰/۵ درصد کتیرا به میزان ۱۴/۴۸ تغییرات کلی رنگ و ضریب قهوه‌ای شدن به ترتیب به میزان ۸۵/۰۸۸ و ۴۶/۴۹۲ مشاهده شد که نسبت به شاهد به ترتیب ۱۴ درصد و ۳۲/۸۲ درصد افزایش نشان دادند ($p<0.05$). پکتین و کتیرا ترکیباتی رنگین با ته رنگ زرد می‌باشند، به همین دلیل باعث افزایش کروما، ضریب قهوه‌ای شدن و تغییرات کلی رنگ شدند.

در روز ۷ افزایش غلظت پکتین و کتیرا، باعث کاهش کروما، تغییرات کلی رنگ و ضریب قهوه‌ای شدن، شدند. کمترین میزان کروما، اختلاف رنگ کل و ضریب قهوه‌ای شدن در غلظت ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا حاصل



بررسی اثر پوشش‌دهی با پکتین و کتیرا بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری قارچ دکمه‌ای

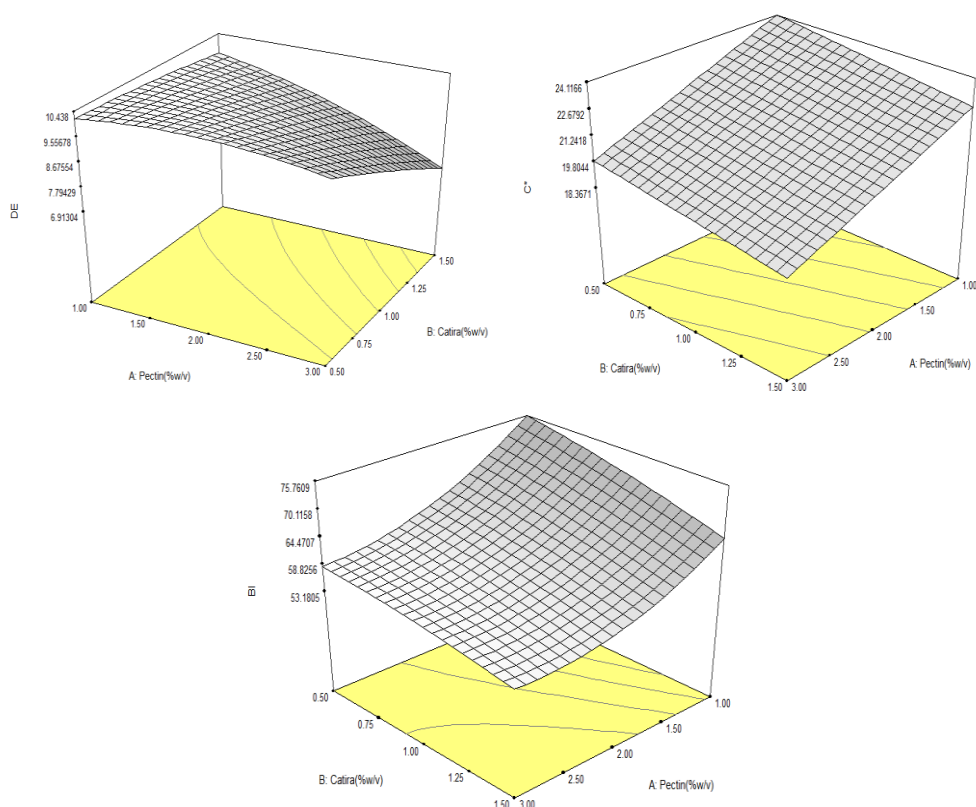


Figure 5- The interaction of different levels of pectin and tragacanth on color properties during 14 days.
 شکل ۵- تأثیر متقابل افزودن سطوح مختلف پکتین و کتیرا بر میزان کروما، اختلاف رنگ و ضریب قهوه‌ای شدن در روز صفر، ۷ و ۱۴.

بود. به طوری که بیشترین راندمان سرخ کردن در غلظت ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا و کمترین آن در غلظت ۱ درصد پکتین و ۰/۵ درصد کتیرا به ترتیب به میزان ۹۸/۳۰۵ درصد و ۸۷/۱۸۵ درصد مشاهده شد که نسبت به نمونه بدون پوشش به ترتیب ۱۶/۵۹ درصد و ۳/۲۹ درصد افزایش نشان داد.

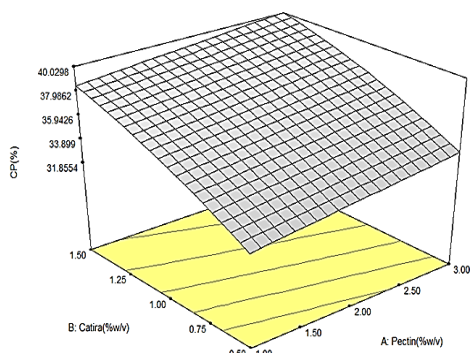


Figure 6- The interaction of different levels of pectin and tragacanth on coating on zero day.
 شکل ۶- تأثیر متقابل افزودن سطوح مختلف پکتین و کتیرا بر میزان درصد پوشش‌دهی در روز صفر.

درصد پوشش‌دهی

شکل ۶، میزان پوشش‌دهی را نسبت به تغییرات غلظت پکتین و کتیرا در روز صفر نشان می‌دهد. با افزایش غلظت پکتین و کتیرا درصد پوشش‌دهی شش افزایش یافت ($p < 0.05$). تأثیر کتیرا بر افزایش درصد پوشش بیشتر بود. به طوری که بیشترین درصد پوشش در غلظت ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا و کمترین آن در غلظت ۱ درصد پکتین و ۰/۵ درصد کتیرا به ترتیب به میزان ۴۰/۰۲۹ درصد و ۳۱/۸۵ درصد مشاهده شد. زیرا با افزایش غلظت پکتین و بخصوص کتیرا ویسکوزیته محلول پوشش افزایش می‌یابد، در نتیجه با ضخامت بیشتری روی سطوح قارچ می‌نشیند.

راندمان سرخ کردن

شکل ۷، میزان راندمان سرخ کردن را نسبت به تغییرات غلظت پکتین و کتیرا در روز صفر نشان می‌دهد. با افزایش غلظت پکتین و کتیرا راندمان سرخ کردن افزایش یافت ($p < 0.05$). تأثیر کتیرا بر افزایش راندمان سرخ کردن بیشتر

- ارزیابی حسی

شکل ۹ نشان می‌دهد که در روز صفر افزایش غلظت پکتین و کتیرا باعث تغییر خواص حسی و ارگانولوپتیکی نشد و تأثیری روی طعم و مزه قارچ نگذاشت. در روز ۷ با افزایش غلظت پکتین و کتیرا خصوصیات حسی نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. بیشترین میزان خواص کلی حسی در روز ۷ در غلظت ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا و کمترین آن در غلظت ۱ درصد پکتین و ۰/۵ درصد کتیرا به ترتیب به میزان ۳/۸۷ و ۲/۲۴ مشاهده شد که نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۴۸/۳۲ درصد و ۱۰/۷۱ درصد افزایش داشت ($p < 0.05$).

در روز ۱۴ با افزودن سطوح مختلف پکتین و کتیرا خصوصیات حسی نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. بیشترین میزان خواص کلی حسی در روز ۱۴ در غلظت ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا و کمترین آن در غلظت ۱ درصد پکتین و ۰/۵ درصد کتیرا به ترتیب به میزان ۲/۹۷ و ۲/۲۴ مشاهده شد که نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۶۶/۳۲ درصد و ۳۲/۰۶ درصد افزایش داشت. با گذشت زمان ماندگاری خواص حسی قارچ زوال چشمگیری یافت.

- بهینه‌سازی

با توجه به جدول ۱ بهترین ترکیب درصد پوشش در روز صفر با ضریب اطمینان ۰/۹۴۵، غلظت ۲/۲ درصد برای پکتین و ۱ درصد برای کتیرا؛ در روز ۱۴ با ضریب اطمینان ۰/۹۸۲، غلظت ۳ درصد برای پکتین و ۱/۵ درصد برای کتیرا و در روز ۱۴ با ضریب اطمینان ۰/۹۳، غلظت ۲/۵ درصد برای پکتین و ۱/۲ درصد برای کتیرا حاصل شد. پوشش خوراکی پکتین و کتیرا بهترین تأثیر را در روز ۱۴ بر روی برش‌های قارچ گذاشت و قارچ پوشش دار در روز ۱۴ در مقایسه با روز ۷ نسبت به نمونه های بدون پوشش خواص خود را بهتر حفظ کردند.

بحث

پوشش‌های خوراکی یک لایه نیمه تراوا را نسبت به تبادل گازها ایجاد می‌کنند، در نتیجه میزان تنفس و متعاقباً سرعت اکسیداسیون اسیدهای آلی موجود در بافت قارچ کاهش می‌یابد (Mahmood et al., 2012). نتایج Eissa و Hesham (۲۰۰۸) نشان داد که پوشش کیتوزان

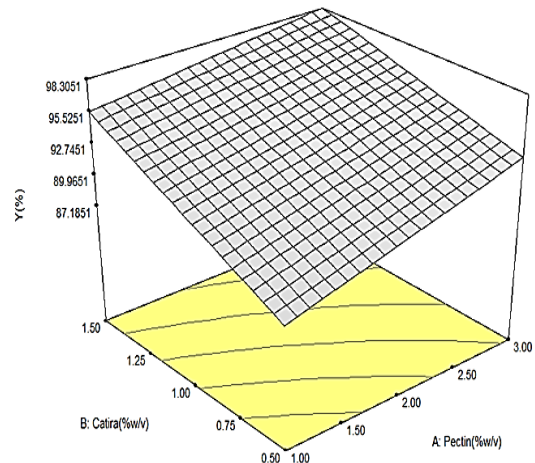


Figure 7- The interaction of different levels of pectin and tragacanth on frying yield on zero day.

شکل ۷- تأثیر متقابل افزودن سطوح مختلف پکتین و کتیرا بر راندمان سرخ کردن در روز صفر.

- جذب روغن

شکل ۸، میزان جذب روغن را نسبت به تغییرات غلظت پکتین و کتیرا در روز صفر نشان می‌دهد. با افزایش غلظت پکتین و کتیرا میزان جذب روغن کاهش یافت ($p < 0.05$). تأثیر پکتین بر کاهش جذب روغن بیشتر بود. به طوری که کمترین میزان جذب روغن در غلظت ۳ درصد پکتین و ۱/۵ درصد کتیرا و بیشترین آن در غلظت ۱ درصد پکتین و ۰/۵ درصد کتیرا به ترتیب به میزان ۴/۵۰۴۲ درصد و ۹/۹۴ درصد مشاهده شد. که نسبت به نمونه شاهد بدون پوشش به ترتیب ۱۴۱/۵۵ درصد و ۹/۳۵ درصد کاهش نشان داد.

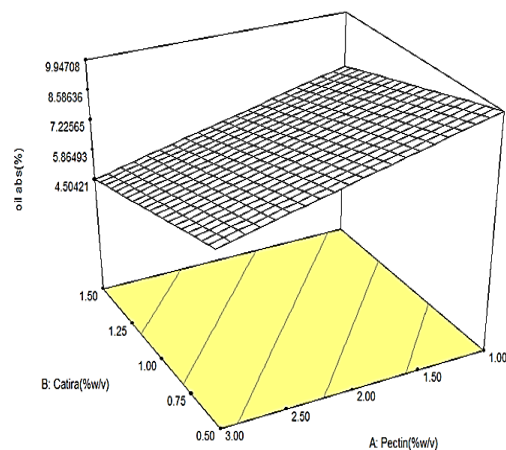


Figure 8- The interaction of different levels of pectin and tragacanth on oil adsorption on zero day.

شکل ۸- تأثیر متقابل افزودن سطوح مختلف پکتین و کتیرا بر میزان جذب روغن در روز صفر.

بررسی اثر پوشش دهی با پکتین و کتیرا بر ویژگی های کیفی و ماندگاری قارچ دکمه ای

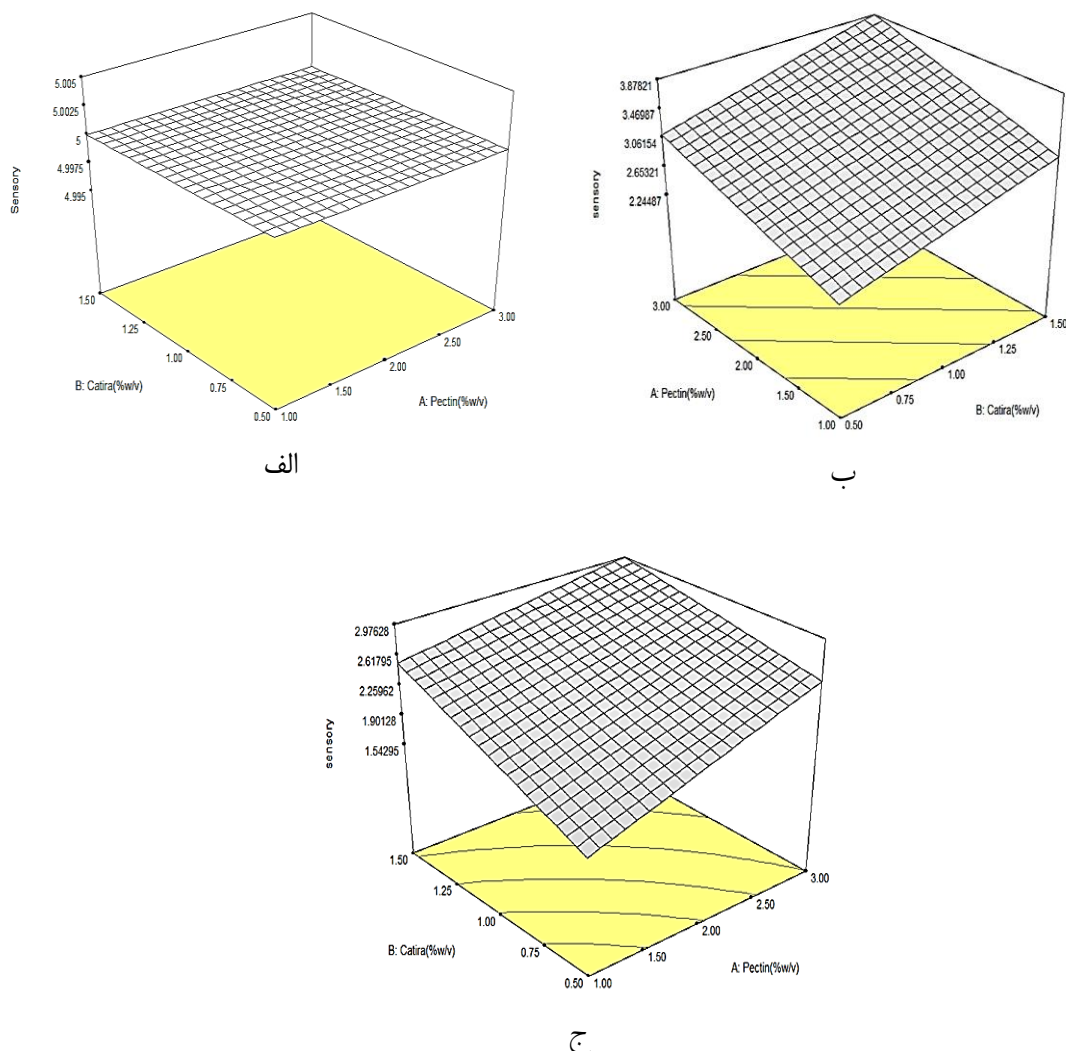


Figure 1- The interaction of different levels of pectin and tragacanth on sensory properties on day zero (a), day 7 (b) and day 14 (c).

شکل ۹- تأثیر متقابل افزودن سطوح مختلف پکتین و کتیرا بر خواص حسی در روز صفر (الف)، ۷ (ب) و ۱۴ (ج).

ترکیب پکتین و کتیرا به دلیل خاصیت آبدوستی که دارند با رطوبت سطح قارچ واکنش داده و مانع از انتشار رطوبت از سطح قارچ می شوند. بدین جهت پوشش پکتین و کتیرا می تواند از افت وزن و کاهش رطوبت جلوگیری کند (Mohebbi et al., 2012; Otady et al. 2005;) (Valdés et al., 2015).

پوشش های خوراکی از افت وزن و کاهش رطوبت جلوگیری می نماید. افزایش غلظت پوشش باعث حفظ رطوبت بیشتر در قارچ می شوند (Abdollahi et al., 2023). Hoseinabadi و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند پوشش دهی با کتیرا تأثیر معنی داری بر کاهش جذب روغن و افزایش رطوبت سیب زمینی سرخ شده دارد.

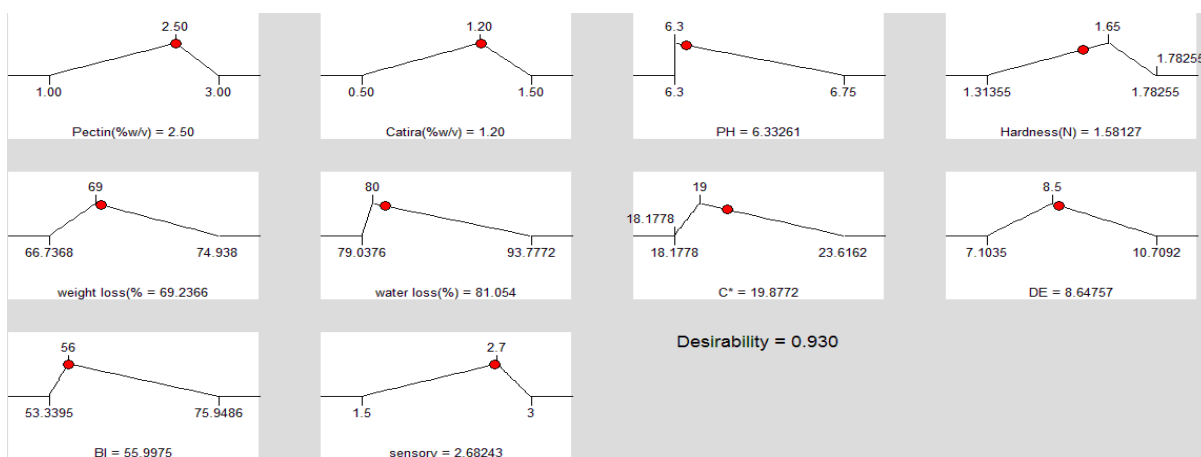
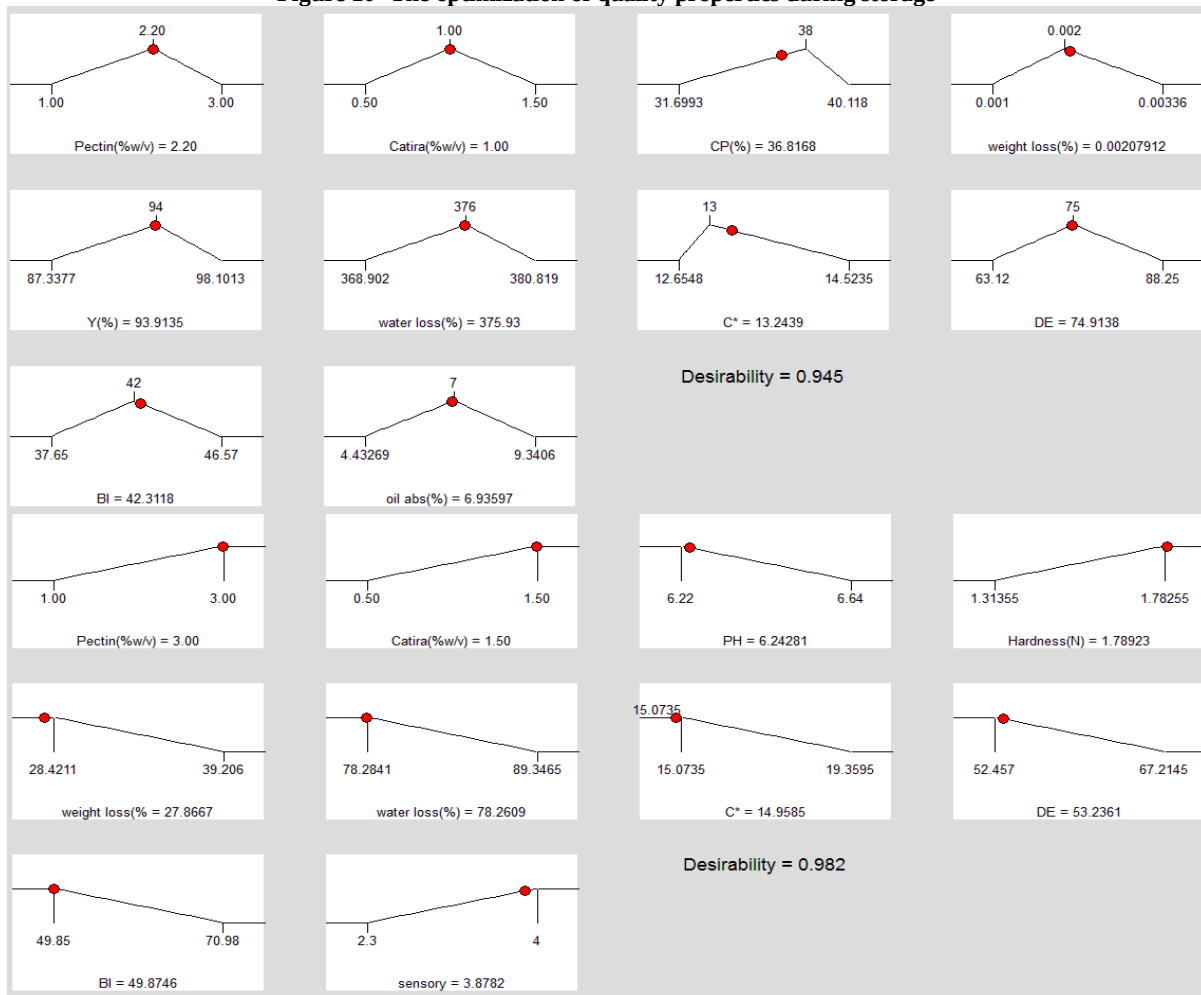
سبب بهبود رنگ قارچ می شود و pH و فعالیت های آنزیمی کاهش می یابد.

پوشش های خوراکی باعث کاهش تنفس شده و از کاهش رطوبت جلوگیری می نماید. در نتیجه فعالیت های اکسایشی کند شده و از نرمی بافت جلوگیری می شود (Perdones et al., 2012; Zivanovic et al., 2007).

Sedaqat و Zahedi (2018) دادند که پوشش دهی با بیوپلیمرها باعث افزایش سفتی بافت قارچ سفید دکمه ای می گردد، به طوری که قارچ های پوشش داده شده با صمغ عربی سفت ترین بافت را در روز آخر داشتند. در تحقیق Oms-Oliu و همکاران (۲۰۰۸)، پکتین سبب استحکام بافت و افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت هندوانه شد.

شکل ۱۰- بهینه سازی خواص کیفی قارچ در طول نگهداری

Figure 10- The optimization of quality properties during storage



در نتیجه کروما، اختلاف رنگ کل و ضریب قهوه‌ای شدن با افزایش غلظت پوشش کاهش می‌یابد. در همین راستا Eissa و Hesham (۲۰۰۸) نتایج مشابهی را بدست آوردند.

پوشش‌های خوراکی با کاهش میزان تنفس و کند کردن واکنش‌های اکسایشی از فعالیت آنزیم تیروزیناز جلوگیری و قهوه‌ای شدن آنزیمی را به تاخیر می‌اندازد (Valiahdi *et al.*, 2019; Abdollahi *et al.*, 2023).

dehydration of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *FSCT* 2011; 8 (31): 53-60. [In Persian]

Azarikia, F., & Abbasi, S. (2010). On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. *Food Hydrocolloids*, 24, 358-363. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.11.001>.

Hesham, A. & Eissa A. (2008). Effect of chitosan coating on shelf-life and quality of fresh-cut mushroom. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2008, 58, 1, 95-105. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00147.x>.

Hoseinabadi, V., Badii, F., Gharachorloo, M. & Heshmati, A. (2012). Effects of blanching and hydrocolloid coating of potatoes with methyl cellulose and tragacanth on French-fries oil uptake and qualitative properties. *Iranian Journal of Nutrition and Food Science and Technology*; 6 (4) [In Persian]

Javadian Kutnai, A. & Khavarpour, M. (2014). Investigating the shelf life of mushrooms using an edible coating based on aloe vera and xanthan. *Journal of food processing and production*. 5, 4. [In Persian]

Jiang, T., Feng, L., Zheng, X. & Li, J. (2013). Physicochemical responses and microbial characteristics of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) to gum arabic coating enriched with natamycin during storage. *Food Chemistry* 138, 1992-1997. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.043>.

Jiang, T., Feng, L. & Li, J. (2012). Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) treated with chitosan-glucose complex coating under cold storage. *Food Chemistry*, 131, 780-786. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.087>.

Lee, J. Y., Park, H. J., Lee, C. Y., & Choi, W. Y. (2003). Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *LWT-Food Science and Technology*, 36, 323-329. [https://doi.org/10.1016/s0023-6438\(03\)00014-8](https://doi.org/10.1016/s0023-6438(03)00014-8).

Mahmood, T., Anwar, F., Abbas, M., Boyce, M. C. & Saari, N. (2012). Compositional variation in sugars and organic acids at different maturity stages in selected small fruits from Pakistan. *International Journal of Molecular*

افزایش غلظت پکتین و کتیرا باعث تشکیل پوشش ضخیم‌تر شده و در هنگام سرخ کردن از تشکیل نواحی هیدراته جلوگیری می‌کند و با کاهش نواحی هیدراته میزان جذب روغن کاهش می‌یابد. پوشش‌های خوراکی باعث حفظ بیشتر رطوبت در محصول سرخ‌شده می‌شود و از آنجا که افزایش روغن با میزان کاهش رطوبت رابطه خطی دارد افزایش غلظت پکتین و کتیرا از افت میزان رطوبت جلوگیری می‌کند، در نتیجه راندمان سرخ کردن افزایش و میزان جذب روغن کاهش می‌یابد (Abdollahi et al., 2023).

با افزایش زمان ماندگاری قارچ بیشترین افت رطوبت و کاهش وزن گزارش شد. با افزایش فعالیت‌های تنفسی و واکنش‌های اکسایشی و آنزیمی در طی دوره انبارمانی خصوصیات حسی به شدت کاهش می‌یابد اما پوشش‌های خوراکی باعث کاهش فعالیت‌های تنفسی و اکسایشی شده و از افت وزن جلوگیری می‌نمایند (Min et al., 2004).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که پوشش خوراکی پکتین و کتیرا ویژگی‌های کیفی و ماندگاری قارچ را به مدت ۱۴ روز نگهداری حفظ کردند. پکتین در غلظت ۳ درصد و کتیرا در غلظت ۱/۵ درصد به عنوان بهترین پوشش جهت نگهداری قارچ دکمه‌ای معرفی شد.

منابع

Abdollahi, A., Vazifedoost, M., Didar, Z., Karazhyan, R. & Armin, M. (2023). Thermal Stability and Fat Uptake of Fried Zucchini (*Cucurbita pepo*) Cuttings Coated with Apricot Gum. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2023, 7424614, 10 pages. <https://doi.org/10.1155/2023/7424614>.

Abdollahi, A., Vazifedoost, M., Didar, Z., Karazhian, R. & Armin, M. (2022). The Effect of Apricot-Based Edible Coating on PhysicoChemical and Reduce Fat Uptake of Zucchini Cuttings during Frying. *Journal of Food Technology and Nutrition*. 19, 75-90. <https://doi.org/10.30495/JFTN.2022.19311> [In Persian].

Arianfar, A., Sarabi-Jamab, M. & Niazmand, A. (2011). Effect of edible coating and treatment condition on osmotic

Sciences, 13, 1380-1392.
<https://doi.org/10.3390/ijms13021380>.

Mohebbi, M., Ansarifard, E., Hasanpour, N. & Amiryousefi, M. R. (2012). Suitability of aloe vera and gum tragacanth as edible coatings for extending the shelf life of button mushroom. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 3193-3202. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0709-1>.

Otady, M., Vaziri, A., Seifkordi, A. A., & Kheirloom, A. (2005). Gum tragacanth gels as a new supporting matrix for immobilization of whole-cell. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 24(4), 1-7.
<https://doi.org/10.30492/IJCCE.2005.7625>.

Oms-Oliu, G., R. Soliva-Fortuny, O. & Martín-Belloso (2008). Using polysaccharide-based edible coating to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1862-1870.

<https://doi.org/10.1016/J.LWT.2008.01.007>.

Perdones, A., Sánchez-gonzález, L., Chiralt, A. & Vargas, M. (2012). Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 70:32-41.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.04.004>.

Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F. & Aguilera, J. M. (2010). Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings, In: Hollingworth, C.S. (Ed.), *Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and*

Structures (P 41-80). Santiago, USA: Department of Food Science and Technology.

Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., & Dalla Rosa, M. (2008). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 19(12), 634-643. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.07.003>.

Valdés A, Burgos N, Jiménez A. & Garrigós M. (2015). Review Natural Pectin Polysaccharides as Edible Coatings. *Coatings*, 5, 865-886.
<https://doi.org/10.3390/coatings5040865>.

Williams, P.A., & Phillips, G.O. (2000). Introduction to food hydrocolloids. In: Phillips G; Williams P; (Eds). In *Handbook of hydrocolloids*. CRC Press, Cambridge, England, pp 1-19.
<https://doi.org/10.1533/9781845695873.1>.

Zahedi, Y. & Sedaqat N. (2018). Increasing the shelf life of white mushroom through acid washing and coating with biopolymers. 20th National Congress of Food Science and Industry. [In Persian]

Zapata, P.J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D. & Serrano, M. (2008). Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *J. Sci. Food Agr.*, 88, 1287-1293.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.3220>.

Zivanovic, S., Li, J., Davidson, P.M. & Kit, K. (2007). Physical, mechanical, and antibacterial properties of Chitosan / PEO blend films. *Biomacromolecules*, 8: 1505-1510. <https://doi.org/10.1021/bm061140p>.

The Effect of Coating with Pectin and Tragacanth on the Qualitative Properties and Shelf Life of Mushroom

A. Abdollahi^{a*}, M. R. Saeedi Asl^b, E. Milani^c

^a Ph.D. Graduated of the Department of Food Science and Technology, N.C., Islamic Azad University, Neyshabur, Iran.

^b Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, S.C., Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

^c Associate Professor of the Research Institute of Food Science and Technology, Academic Center for Education, Culture & Research (ACECR), Mashhad, Iran.

Received: 3 May 2025

Accepted: 5 October 2025

10

Abstract

Introduction: Mushroom is an agricultural product with a low shelf life. Coating with polysaccharides is one of the methods to prevent spoilage and increasing its shelf life. The aim of this research work is to produce a coating for mushroom to extend its shelf life.

Materials and Methods: The purpose of this research is to investigate the effect of pectin at concentrations of 1, 2 and 3% w/w and tragacanth at concentrations of 0.5, 1 and 1.5% w/w on the physicochemical, oil absorption, sensory properties (odor and taste,) and shelf life of mushroom during 14 days at 4±1 °C days using response surface methodology (RSM).

Results: pH, weight loss, oil absorption, chroma, browning index and moisture loss in the samples coated with 3% pectin and 1.5% tragacanth was reduced 7.55%, 86%, 140%, 38%, 84%, 17.45% as compared to the control sample, respectively. Frying efficiency, hardness and sensory properties increased by 14.24%, 37.98% and 66.32% respectively. By increasing the coating concentration, the total color difference decreased and the coating percentage increased. The time had the opposite effect on the quality parameters and sensory properties.

Conclusion: Pectin at concentrations of 3% and tragacanth at concentrations of 1.5%, were introduced as the best and most effective coating to preserve the properties of mushroom during in refrigeration. Therefore, they can be employed to increase the shelf life of agricultural and food products.

Keywords: *Edible Coating, Mushroom, Oil Adsorption, Polysaccharids, Shelf Life.*

* Corresponding Author: azin.abdolahi67@gmail.com