



تخمین مدت ماندگاری و مدل‌سازی سینتیک شاخص‌های رنگ جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی پوشش -  
دهی شده با موسیلاژ دانه ریحان در بسته‌بندی به روش MAP حاوی جاذب اتیلن

پری ناز عسگری<sup>1</sup>، ناصر صداقت<sup>2</sup>، سید محمود موسوی<sup>3</sup>

1- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ asgari@mail.um.ac.ir

2- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ sedaghat@um.ac.ir

3- استاد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ mmousavi@um.ac.ir

### چکیده

در سال‌های اخیر توجه به جوانه‌های خوراکی به‌عنوان یک ماده مغذی، حاوی ترکیبات زیست فعال و فراسودمند معطوف شده است. جوانه‌های خوراکی دارای سرعت تنفس بالایی هستند که هورمون رشد بر آن موثر است.

فیتوهورمون اتیلن به‌عنوان عامل اصلی فساد در میوه و سبزی‌های پس از برداشت به شمار می‌رود. علاوه بر نقش اتیلن در تسریع رسیدن میوه و سبزی‌ها، اتیلن اغلب منجر به رسیدن بیش از حد و حتی پوسیدگی محصول نیز می‌شود، در نتیجه بر ماندگاری موثر است و می‌تواند کاهش ماندگاری را در پی داشته باشد.

افزایش تقاضا برای حفظ طولانی مدت کیفیت غذا و به حداقل رساندن فساد و ضایعات مواد غذایی برای سلامتی و منافع اقتصادی حائز اهمیت است. بنابراین کاهش ضایعات میوه و سبزی‌های برداشت شده، یک چالش جهانی محسوب می‌شود، در نتیجه مدیریت اثر اتیلن از اهمیت بالایی برخوردار است. اخیراً فناوری‌های جدیدی برای حذف اثر اتیلن آزاد شده توسعه یافته‌اند، در این بین توجه ویژه‌ای به جذب‌کننده/مهارکننده‌های اتیلن شده است. اکسیداسیون اتیلن بدون ایجاد آلودگی توسط جاذب‌ها یا مهارکننده‌های اتیلن مانند زئولیت، دی-اکسید تیتانیوم، پرمنگنات پتاسیم و فلزات واسطه که در کیسه‌های کوچک مورد استفاده قرار گرفته‌اند، به‌طور گسترده گزارش شده است. علاوه بر این، روش‌های متعددی برای کاهش ضایعات و افزایش مدت ماندگاری استفاده می‌شود که می‌توان به استفاده از بسته‌بندی‌های نوین یا پوشش‌های خوراکی اشاره نمود. سیستم بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده یک روش معمول به منظور افزایش ماندگاری میوه و سبزی‌جات به شمار می‌رود که ممکن است به دو صورت فعال یا غیر فعال باشد. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی اثر پوشش خوراکی موسیلاژ دانه ریحان و سیستم اتمسفر اصلاح شده حاوی جاذب اتیلن بر سینتیک تغییرات ویژگی‌های کیفی و حسی در جوانه گندم تازه رقم پارسی می‌باشد. در این بررسی تعدادی از تیمارها دارای پوشش موسیلاژی دانه ریحان و تعدادی فاقد آن هستند. سپس نمونه‌ها درون بسته‌های پلی‌اتیلنی با ضخامت 42 میکرومتر و حاوی جاذب اتیلن و فاقد جاذب اتیلن توسط دستگاه مپ هنکلن<sup>1</sup> بسته‌بندی شد. نمونه‌ها در دمای سرد 10 °C به

<sup>1</sup> MAP-Henkelman



مدت 9 روز نگهداری و آزمایشات هر سه روز یکبار انجام شد. به منظور بررسی سینتیک تغییرات رنگ در جوانه-های گندم، روشنایی با استفاده از هانتربل و ویژگی‌های حسی (پذیرش کلی) توسط مصرف کنندگان مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل سازی سینتیکی تغییرات پذیرش کلی و روشنایی از مدل‌های درجه صفر و درجه یک و اثر دما با استفاده از رابطه آرنیوس انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش مدت نگهداری، مقدار روشنایی و پذیرش کلی کاهش یافت. براساس ضریب تعیین، مدل درجه یک برای هر دو پارامتر پذیرش کلی و روشنایی انتخاب گردید. همبستگی بین نتایج آزمایشگاهی و پیش‌بینی شده پذیرش کلی و روشنایی با  $R^2$  بالاتر از 0.86 و 0.91 بیان کننده اعتبار مدل بود. به عنوان نتیجه‌گیری نهایی نشان داده شد که استفاده هم‌زمان بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده حاوی جاذب و پوشش دهی حاصل از موسیلاژ دانه ریحان بر ویژگی‌های کیفی جوانه گندم معنی دار بود.

**کلمات کلیدی:** مدل سازی، اتیلن، جاذب، بسته‌بندی، اتمسفر اصلاح شده، جوانه گندم

## 1. مقدمه

امروزه به دلیل ارتقا سطح سلامت و کاهش بیماری‌های مزمن ناشی از سوء تغذیه، توجه و علاقه به مصرف غذاهای فراسودمند قابل توجه است. دانه‌های جوانه‌زده یکی از غذاهای فراسودمند هستند که انواع متفاوتی دارند و شامل طیف وسیعی از پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشند. جوانه‌های گندم می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب برای تأمین مقدار زیادی از مواد مغذی موجود در رژیم غذایی باشد [1].

گندم نقش اساسی در رژیم غذایی انسان دارد و از خانواده گرامینه، بومی مناطقی از غرب آسیا است. گندم دومین غله تولید شده در جهان است. در کشورهای با درآمد کم و متوسط (در حال توسعه)، گندم به عنوان یک منبع پروتئینی، جایگزین برنج یا ذرت می‌شود [2]. جوانه‌های خوراکی دارای سرعت تنفس بالایی هستند، به گونه‌ای که پس از برداشت به تنفس ادامه می‌دهند، بنابراین به دلیل داشتن فعالیت متابولیکی بالا به شدت فسادپذیرند [3, 4]. ترکیبات مغذی مانند پروتئین‌های موجود در دانه به دلیل فرایند تنفس کاهش پیدا می‌کند، بنابراین علاوه بر کاهش ماندگاری، ارزش غذایی جوانه نیز کاهش خواهد یافت [4]. مامیلا و میشر در سال 2017، اثر جوانه‌زنی بر روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ACE حبوبات را بررسی کردند [5]. نتایج نشان داد که حبوبات جوانه‌زده شده و جوانه‌ها می‌توانند به عنوان منبع غذایی حاوی ترکیبات زیست‌فعال مورد مصرف قرار گیرند. بررسی دیگری توسط زئو و همکاران در سال 2016، بر روی ترکیبات زیست‌فعال و فعالیت آنتی-اکسیدانی ماش، سویا و لوبیای سیاه در طی جوانه‌زدن انجام شد که نتایج نشان داد ویتامین C به تدریج از صفر افزایش یافت [6].

به منظور افزایش مدت ماندگاری میوه و سبزیجات پس از برداشت، استفاده از پوشش‌های خوراکی به عنوان یک روش شناخته می‌شود. پوشش‌های خوراکی به عنوان یک لایه نازک و یک بازدارنده نیمه نفوذپذیر در برابر گازها و رطوبت عمل می‌کند که با کاهش سرعت تنفس، واکنش‌های اکسیداتیو و از دست دادن رطوبت به حفظ و ماندگاری محصول کمک می‌کند [7].

دانه‌های گیاهی به صورت بالقوه به عنوان یک منبع هیدروکلوئیدی هستند که می‌توانند به عنوان پوشش خوراکی مورد استفاده واقع شوند [8]. مطالعه‌ای بر روی صمغ دانه اسپرزه به تنهایی و در ترکیب با روغن آفتابگردان به عنوان یک پوشش خوراکی جایگزین برای بهبود کیفیت و مدت زمان نگهداری پاپایای تازه و برش خورده توسط یوسف و همکاران در سال 2015 مورد بررسی قرار گرفت [9]. در این بررسی غلظت‌های مختلف از جمله 0.5، 1 و 1.5 درصد از صمغ اسپرزه برای



پوشش پایایی تازه و برش خرد شده و در برخی از نمونه‌ها، از روغن آفتابگردان تصفیه شده به عنوان یک ترکیب لیپیدی جهت افزایش اثربخشی پوشش در برابر نفوذپذیری به آب استفاده شد. نشان داده شد، در صورت استفاده از پوشش‌های حاوی یک درصد صمغ اسپرزه نتایج بهتری ایجاد گردید. علاوه بر این، افزودن روغن به حفظ کیفیت محصول کمک و به عنوان یک بازدارنده نسبت به بخار آب عمل کرد، بنابراین، افت وزن کاهش یافت.

دانه ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum L* بومی آسیا (ایران و هند) است که به عنوان یک منبع هیدروکلوئیدی جدید در صنعت غذا مورد توجه قرار گرفته است [10-13]. دانه‌های ریحان به عنوان یک منبع عمدۀ موسیلاژی محسوب می‌شوند که قابل مقایسه با صمغ‌های تجاری مورد مصرف در صنعت غذا مانند زانتان می‌باشد [10, 14]. از دیگر روش‌های افزایش ماندگاری محصولات غذایی، استفاده از سیستم بسته‌بندی‌های نوین مطرح می‌شود. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، با کاهش سرعت تنفس، تاخیر در پیری محصول و بهبود صفات کیفی بر ماندگاری محصول موثر است [15, 16].

از بسته‌بندی‌های نوین می‌توان به بسته‌بندی فعال اشاره کرد، بسته‌بندی فعال یک فناوری است که در آن بسته‌بندی، محصول و محیط با هم ارتباط دارند [17]. سیستم‌های بسته‌بندی فعال را می‌توان به سیستم‌های مهارکننده فعال (جاذب‌ها) و سیستم‌های آزاد کننده فعال (انتشار دهنده‌ها) تقسیم کرد. از سیستم‌های جذب کننده می‌توان به جاذب‌های رطوبت، اکسیژن، اتیلن و بو اشاره نمود [18].

محبوب‌ترین و متداول‌ترین شکل مهارکننده مورد استفاده به صورت کیسه‌های کوچک است که معمولاً برای حذف یا کاهش سطح اتیلن موجود در بسته‌بندی محصولات تازه به کار می‌رود [19]. شناخته شده‌ترین، معمول‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین ماده مورد استفاده برای مهار کننده‌های کیسه‌ای، پرمنگنات پتاسیم ( $KMnO_4$ ) است [17, 18]. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده ( $MAP^1$ )، بسته‌بندی در فضای کنترل شده ( $CAP^2$ ) و بسته‌بندی خلاء ( $VP^3$ ) از جمله سیستم‌هایی هستند که می‌توانند با کاهش میزان تنفس، تاخیر پیری و بهبود صفات کیفی بر افزایش ماندگاری فرآورده غذایی بسیار تأثیرگذار باشند [15, 20, 21].

تحقیقات انجام شده توسط دامبروزیو و همکاران در سال 2017 بر روی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی جوانه‌های quinoa و اثر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در طی نگهداری در سرما نشان داد که جوانه های رقم "Real" دارای کوتاه‌ترین مدت ماندگاری در مقایسه با رقم "Regalona Baer" بود. همچنین اثر سیستم MAP فعال (5٪ اکسیژن + 20٪ دی‌اکسید کربن) و غیر فعال در طی 7 روز نگهداری بررسی شد که نشان‌دهنده اثر مثبت سیستم بر بافت جوانه‌ها بود [22].

تعیین ماندگاری، عامل اصلی در تحقیق و توسعه مواد غذایی است زیرا اطلاعاتی را در مورد زمانی که محصول قادر است به درستی خصوصیات خود را حفظ کند، در اختیار قرار می‌دهد [23]. مطالعات متعدد نشان می‌دهد که تغییرات حسی، از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت محصولات می‌باشد و نشان‌دهنده اهمیت استفاده از ارزیابی‌های حسی برای تعیین مدت ماندگاری محصولات تازه است [24]. تکامل برخی از ویژگی‌های کیفی مانند رنگ، استحکام یا وزن می‌تواند اطلاعاتی مرتبط با نگهداری محصول را ارائه دهد که تابعی از شرایط نگهداری موثر بر ماندگاری می‌باشد [25, 26]. تغییر

<sup>1</sup> Modified Atmosphere Packaging

<sup>2</sup> Controlled Atmosphere Packaging

<sup>3</sup> Vacuum packaging



این ویژگی‌های کیفی با گذشت زمان می‌تواند بیان‌کننده شرایط نگهداری باشد که بدین وسیله پیش‌بینی‌هایی برای زمان ماندگاری انجام شود [27].

مروری کوتاه بر مطالعات انجام شده، نشان داد که مدل‌سازی سینتیک شاخص‌های کیفی برای جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی پوشش‌دهی شده با موسیلاژ دانه ریحان در بسته‌بندی به روش MAP حاوی جاذب اتیلن تاکنون انجام نشده است.

## 2. مواد و روش‌ها

در این پژوهش دانه گندم<sup>1</sup> رقم پارسی و دانه‌های ریحان<sup>2</sup> به ترتیب به منظور تهیه جوانه‌های گندم تازه و پوشش موسیلاژی مورد استفاده قرار گرفت.

### 1.1. آماده‌سازی نمونه

برای آماده‌سازی جوانه‌های گندم از روش ساین<sup>3</sup> و همکاران [28] با اندکی تغییر استفاده شد. دانه‌های استریل شده به مدت 24 ساعت در دمای اتاق در آب استریل (1:3 وزنی / حجمی) خیسانده شد. پس از انتقال دانه‌ها به پارچه استریل، به منظور جوانه‌زدن در انکوباتور استریل با دمای  $10^{\circ}\text{C}$  به مدت 72 ساعت قرار گرفت.

### 2.2. آماده‌سازی پوشش، پوشش‌دهی و بسته‌بندی

استخراج موسیلاژ دانه‌های ریحان از روش کوچکی و همکاران [29] با اندکی تغییر انجام شد. بدین صورت که از آب دوبار تقطیر شده در دمای  $55^{\circ}\text{C}$  برای استخراج استفاده و محلول دوغابی حاصل توسط یک همزن مکانیکی، به مدت 90 دقیقه هم‌زده شد. پری‌کارپ دانه‌های ریحان با جذب آب متورم شدند و به منظور استخراج موسیلاژ دانه‌های ریحان از اکستراکتور مجهز به صفحه چرخنده (استخراج‌کننده آزمایشگاهی، شرکت پارس خزر، ایران) استفاده و حذف ناخالصی‌های موجود توسط صافی انجام شد. برای خشک کردن موسیلاژ حاصل از آن (مدل 2U05، شرکت طب سروش، ساخت ایران) استفاده گردید و موسیلاژ خشک شده پس از آسیاب و الک شدن تا زمان انجام آزمایش‌ها درون ظرف شیشه‌ای دربسته، در جای خشک و خنک نگهداری شد.

از روش علیزاده و همکاران با اندکی تغییر برای تهیه پوشش استفاده شد. محلول‌های موسیلاژی دانه ریحان (0/3 در صد وزنی / حجمی) با 0.35 در صد پلاستیسیایزر (گلیسرول، مرک) و آب مقطر استریل توسط همزن مغناطیسی به مدت 30 دقیقه در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  مخلوط شدند و سپس محلول به دست آمده بر روی جوانه‌های گندم به مدت 1 دقیقه اسپری گردید [30].

نمونه‌ها به دو گروه پوشش داده شده با موسیلاژ دانه ریحان، فاقد پوشش موسیلاژی و حاوی و فاقد جاذب اتیلن تقسیم شدند و درون کیسه‌های پلی‌اتیلنی با ضخامت 42 میکرومتر حاوی هوای معمولی با استفاده از دستگاه مپ هنکلن<sup>4</sup> (Homburg, Germany Gustav Muller and Co., Bad) بسته‌بندی شدند. به منظور انجام آزمایشات

<sup>1</sup> Wheat grain

<sup>2</sup> Ocimum basilicum

<sup>3</sup> Singh et al.

<sup>4</sup> MAP-Henkman



نمونه‌ها در دمای سرد ( $10 \pm 1$  °C) به مدت 9 روز نگهداری و آزمایش‌ها در فواصل زمانی 3 روز با 3 بار تکرار برای هر یک انجام شد.

### 3.2. اندازه‌گیری رنگ

اندازه‌گیری رنگ جوانه‌های گندم با استفاده از رنگ سنج هانتربل (رستون<sup>1</sup>، ساخت امریکا) با سه تکرار در پژوهشکده دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. میزان رنگ با استفاده از پارامترهای هانتربل بر حسب روشنایی ( $L^*$ )، سبز-قرمز ( $a^*$ ) و زرد-آبی ( $b^*$ ) بیان گردید [31].

### 4.2. ارزیابی حسی

ارزیابی حسی توسط 25 نفر از دانشجویان گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد در محدوده سنی 20 تا 30 سال انجام گرفت. با استفاده از مقیاس هدونیک 5 نقطه‌ای در فواصل زمانی نگهداری در روزهای 0، 3، 6 و 9 روز ارزیابی صورت پذیرفت. به منظور ارزیابی نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی پلی‌اتیلنی درب بسته و دارای کدهای تصادفی قرار داده شد و توسط ارزیابان، از نظر ویژگی‌های حسی (رنگ، بو و پذیرش کلی) مورد ارزیابی قرار گرفت. بالاترین امتیاز 5 (بسیار خوب) و پایین‌ترین امتیاز 1 (بسیار بد) لحاظ گردید [32، 33].  
به‌منظور تعیین مدل سینتیکی برای جوانه‌های گندم از روش ارزیابی حسی و تغییرات رنگ استفاده گردید. جهت برآورد تعیین بهترین مدل پیشگویی، نتایج با رگرسیون درجه صفر و اول برازش شد.

### 3. آنالیز آماری

طرح استفاده شده در این پژوهش فاکتوریل کاملاً تصادفی با سه تکرار است به کمک نرم افزار SPSS (V 20) آنالیز گردید و در صورت معنادار بودن اثر تیمارها از آزمون دانکن در سطح اطمینان 95٪ برای مقایسه میانگین داده استفاده شد. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Office Excel (2010) استفاده گردید. جهت برازش داده‌های پارامترهای روشنایی و پذیرش کلی با مدل‌های مختلف از نرم افزار Office Excel (2010) استفاده شد.

### 4. مدل ریاضی

برای توصیف واکنش‌های تخریبی در مواد غذایی، معمولاً از واکنش‌های درجه صفر و اول استفاده می‌شود [34، 35]. معادله (1)، فرمول سینتیکی کلی می‌باشد.

$$\frac{dc}{dt} = -kc^m \quad (1)$$

<sup>1</sup> HunterLab Reston, VA



که در آن  $C$  غلظت شاخص کیفیت،  $K$  ثابت سرعت واکنش،  $m$  درجه واکنش است که برای این منظور باید صفر و یک در نظر گرفته شود. وقتی که واکنش از درجه صفر باشد معادله (2) بعد از انتگرال گیری حاصل می‌شود و درحالتی که واکنش از درجه اول باشد با انتگرال گیری معادله (3) به دست می‌آید.

$$C = C_0 - Kt \quad (2)$$

$$\ln C = \ln C_0 - Kt \quad (3)$$

که  $C_0$  غلظت شاخص کیفیت در زمان صفر است [36].  
باتوجه به وابستگی ثابت سرعت واکنش ( $K$ ) به دما برای به دست آوردن آن از رابطه آرنیوس استفاده می‌شود [35].  
[37]

$$K = K_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (4)$$

که  $E_a$  انرژی فعال‌سازی،  $R$  ثابت گازها،  $K_0$  فاکتور پیش‌نمایی و  $T$  دمای مطلق می‌باشد. مدل آرنیوس نیازمند ارزیابی دو پارامتر است که مستقل از دما فرض می‌شوند [35].

## 5. نتایج و بحث

### 1.5. رنگ (روشنایی - $L^*$ )

از پارامترهای کیفی مهم جهت تعیین طراوت و تازگی جوانه‌های گندم تازه، می‌توان به فاکتور روشنایی اشاره نمود. به عبارت دیگر، تیره شدن یا از بین رفتن میزان روشنایی در جوانه‌های گندم تازه را می‌توان به عنوان عمده‌ترین علائم زوال در جوانه‌های گندم، به شمار آورد. با گذشت زمان در طی مدت نگهداری میزان روشنایی جوانه‌های گندم تازه شروع به کاستن می‌کند. در نتیجه فاکتور روشنایی از مهم‌ترین پارامترهای ارزیابی رنگ در جوانه‌های گندم محسوب می‌شود. ارزیابی رنگ جوانه‌ها، شامل رنگ سطح بیرونی جوانه‌ها و بخش هیپوکوتیل<sup>1</sup> می‌باشد. تغییر در هر یک از سطوح بیرونی و هیپوکوتیل در جوانه‌های گندم سبب کاهش کیفیت، عدم پذیرش و جذابیت برای مصرف‌کننده خواهد شد. همان‌طور که گفته شد، اندازه‌گیری رنگ در جوانه‌های گندم برای هر تیمار تا روز آخر نگهداری با فواصل زمانی سه روز یکبار و با سه مرتبه تکرار

<sup>1</sup> Hypocotyl

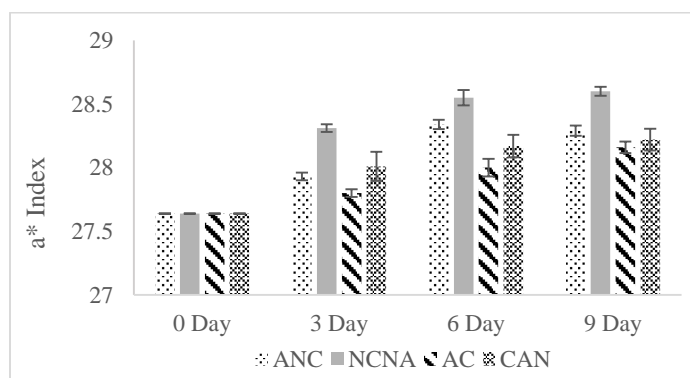
انجام گردید. نتایج تغییرات روشنایی در جوانه‌های گندم در دمای 10 °C در شکل 1 و آنالیز واریانس آن در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- آنالیز واریانس پارامترهای کیفی رنگ شامل (L\*), (a\*) و (b\*)

Source	Df	L* Index	a* Index	b* Index
C (Coat)	1	0.001*	0.00*	0.00*
A (Adsorb)	1	0.375	0.00*	0.00*
D (Day)	3	0.00*	0.00*	0.00*
C×A	1	0.915	0.001*	0.247
C×D	3	0.135	0.00*	0.034*
A×D	3	0.802	0.00*	0.00*
C×A×D	3	0.977	0.026*	0.07

\* معنی‌دار در سطح احتمال پنج، یک و یک دهم درصد

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که پوشش و مدت نگهداری بر L\* جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی از نظر آماری معنادار است (P<0.05)، درحالی‌که جاذب اتیلنی و اثرات هم‌زمان فاکتورهای پوشش، جاذب و مدت نگهداری بر پارامتر کیفی روشنایی اثر قابل توجهی نداشت (P>0.05). شکل 2 نشان‌دهنده اثرات متقابل فاکتورهای پوشش‌دهی و مدت نگهداری و جاذب اتیلنی و مدت نگهداری بر پارامتر کیفی رنگ، شاخص روشنایی در جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی می‌باشد.



شکل 1- اثر پوشش، جاذب و مدت نگهداری بر پارامترهای کیفی a\* (A) در جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی طی مدت نگهداری

حداکثر کاهش در روشنایی جوانه‌های گندم برای نمونه‌های فاقد پوشش‌دهی شده با موسیلاژ دانه ریحان مشاهده گردید، که بیان‌کننده تمایل به تیره‌شدن در نمونه‌های فاقد پوشش است. نتایج نشان داد که پس از 9 روز نگهداری جوانه‌های گندم تازه در دمای 10 °C، میزان تیره شدن سطح بیرونی و زرد شدن هیپوکوتیل جوانه‌های گندم برای نمونه‌های فاقد



پوشش بیشتر بود که به نظر می‌رسد تغییر ترکیبات گازی موجود در فضای بالاسری<sup>1</sup> بسته بر میزان کدورت سطح بیرونی و زرد شدن هیپوکوتیل موثر باشد. به علاوه، کاهش مقدار  $L^*$  می‌تواند به واکنش‌های قهوه‌ای شدن نیز مرتبط باشد [38]. به عبارتی، بالا بودن شاخص روشنایی در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با موسیلاژ دانه ریحان را می‌توان به موثر بودن پوشش و عملکرد آن به عنوان یک بازدارنده نسبت به تغییرات گازی مرتبط دانست [39-41].

کاهش  $L^*$  در نمونه‌های بسته‌بندی شده در بسته‌های فاقد جاذب مانند NCNA و CAN ممکن است به سرعت تنفس و مصرف اکسیژن موجود در بسته و نیز دی‌اکسیدکربن و اتانول تولید شده ناشی از تنفس جوانه‌های گندم تازه مرتبط باشد که این امر منجر به تغییر فرایند تنفس هوازی به فرایند تنفس بی‌هوازی و در نتیجه تخریب رنگدانه‌ها و نهایتاً کدورت رنگ در جوانه‌های گندم تازه گردید. درحالی‌که نمونه‌های پوشش داده شده با موسیلاژ دانه ریحان و حاوی کیسه‌های پرمگنات پتاسیم به عنوان جاذب اتیلن، شاخص روشنایی بالاتری را نشان داد. به نظر می‌رسد علاوه بر نقش موثر پوشش خوراکی موسیلاژ دانه ریحان، کیسه‌های جاذب اتیلن قرار داده شده درون بسته‌ها، به واسطه افزایش مرحله رسیدن به مرحله بلوغ، بر شاخص کیفی رنگ جوانه‌های گندم تازه تاثیر مضاعف داشت [42].

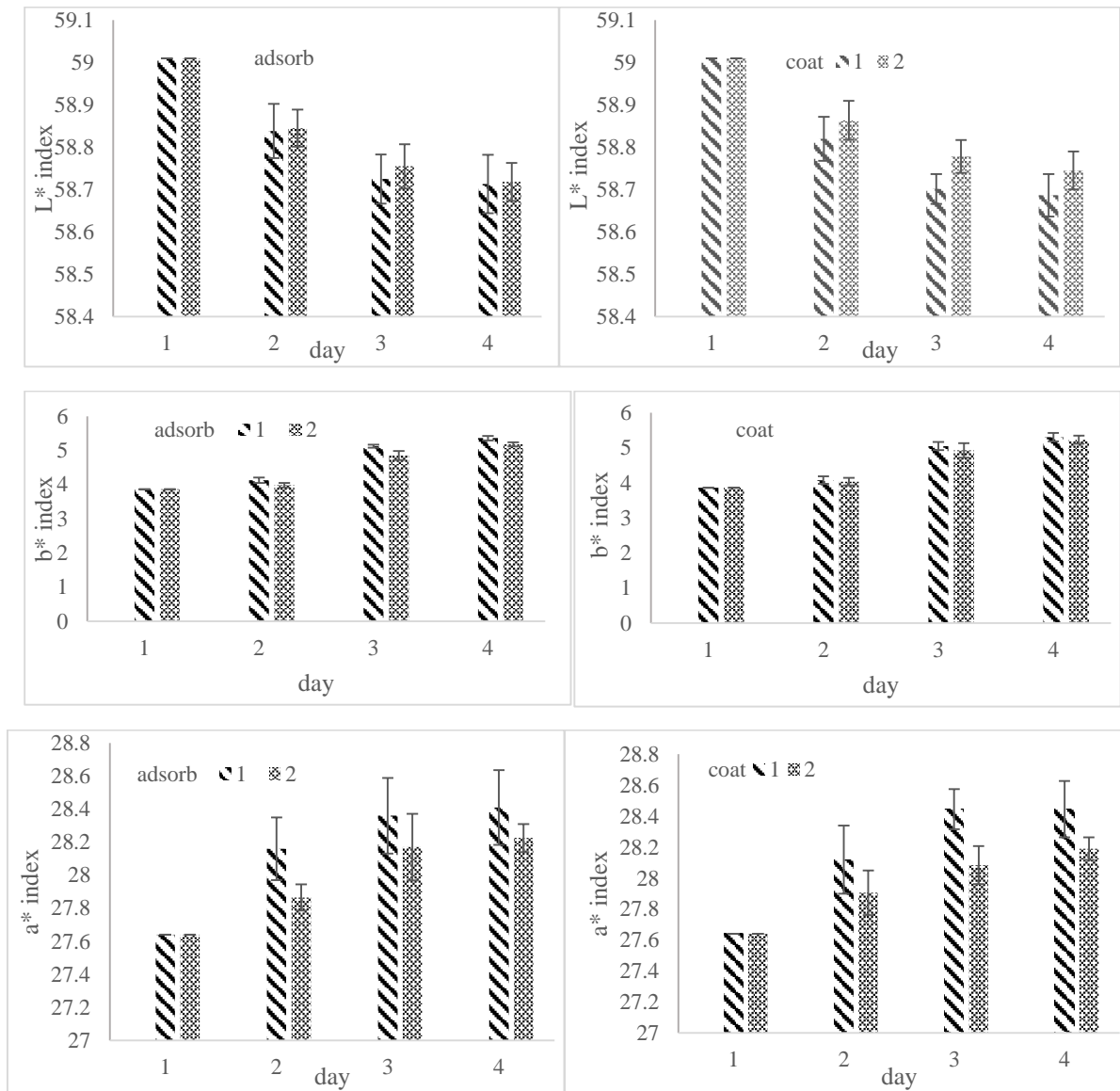
$a^*$  شاخصی که نشان‌دهنده سبزی و قرمزی رنگ نمونه‌ها است (+120 تا -120). نتایج نشان داد که مدت نگهداری، جاذب و پوشش به‌طور قابل‌توجهی بر  $a^*$  موثر است ( $P < 0.05$ ). نتایج آنالیز واریانس برای شاخص  $a^*$  در جدول (1) آمده است. شاخص  $a^*$  قرمزی را نشان می‌دهد. نتایج این بررسی نشان داد که موسیلاژ دانه ریحان منجر به ممانعت در افزایش شاخص  $a^*$  برای نمونه‌های پوشش داده شده با این موسیلاژ گردید. این نتایج با نتایج لی و همکاران [43] برای سیب مطابقت دارد. براساس نتایج، نشان داده شد که استفاده از کیسه‌های حاوی پرمگنات پتاسیم به عنوان جاذب اتیلن بر شاخص  $a^*$  نیز موثر است. می‌توان افزایش شاخص  $a^*$  را به تغییر در ترکیبات گازی داخل بسته در حین ذخیره‌سازی مرتبط دانست. غلظت‌های بالای دی‌اکسید کربن، افزایش اسیدیته و اسیدی شدن محصول و نیز شدت تنفس می‌تواند بر میزان افزایش مولفه  $a^*$  موثر باشد [44]. علاوه بر آن افزایش این شاخص ممکن است با اکسیداسیون ترکیبات فنولی توسط آنزیم پلی‌فنول اکسیداز مرتبط باشد [45] با افزایش  $a^*$ ، رنگ بیشتر به سمت قهوه‌ای شدن تغییر می‌کند.

شاخص  $b^*$  نشان‌دهنده زردی و آبی بودن رنگ نمونه‌ها است. آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص  $b^*$  به‌طور قابل‌توجهی تحت تاثیر پوشش، جاذب و مدت نگهداری قرار گرفته است ( $P < 0.05$ ). کمترین تغییرات  $b^*$  در بسته‌های حاوی نمونه‌های پوشش‌دهی شده و بسته‌های جاذب‌دار بود. نتایج اثر فاکتورهای جاذب، پوشش و زمان ذخیره‌سازی بر شاخص  $b^*$  جوانه‌های گندم تازه رقم پارس در شکل (2) آمده است. تغییر در زردی جوانه‌های گندم را می‌توان به تغییر ترکیب گازی بسته‌ها در حین ذخیره‌سازی نسبت داد. تغییر در شاخص  $b^*$  در نمونه‌های فاقد پوشش و جاذب به مراتب بیشتر بود.

نتایج به دست آمده از این بررسی برای شاخص‌های رنگ، با نتایج حاصل از مطالعه عزتی و همکاران [46]، سوجایاسری و همکاران [47]، چاوهان و همکاران [48] و لی و همکاران [43] بر روی سیب و نتایج حاصل از بررسی‌های ساین و همکاران [28] در مورد جوانه نخود و دل-وال و همکاران [31] برای توت فرنگی، همچنین نتایج کاهش میزان روشنایی ( $L^*$ ) گزارش شده توسط سیرا و همکاران [37] برای میوه‌های نارس و سالکدو و همکاران [49] برای آووکادو و قیدلی و همکاران [50] مطابقت دارد [37, 49].

<sup>1</sup> Headspace





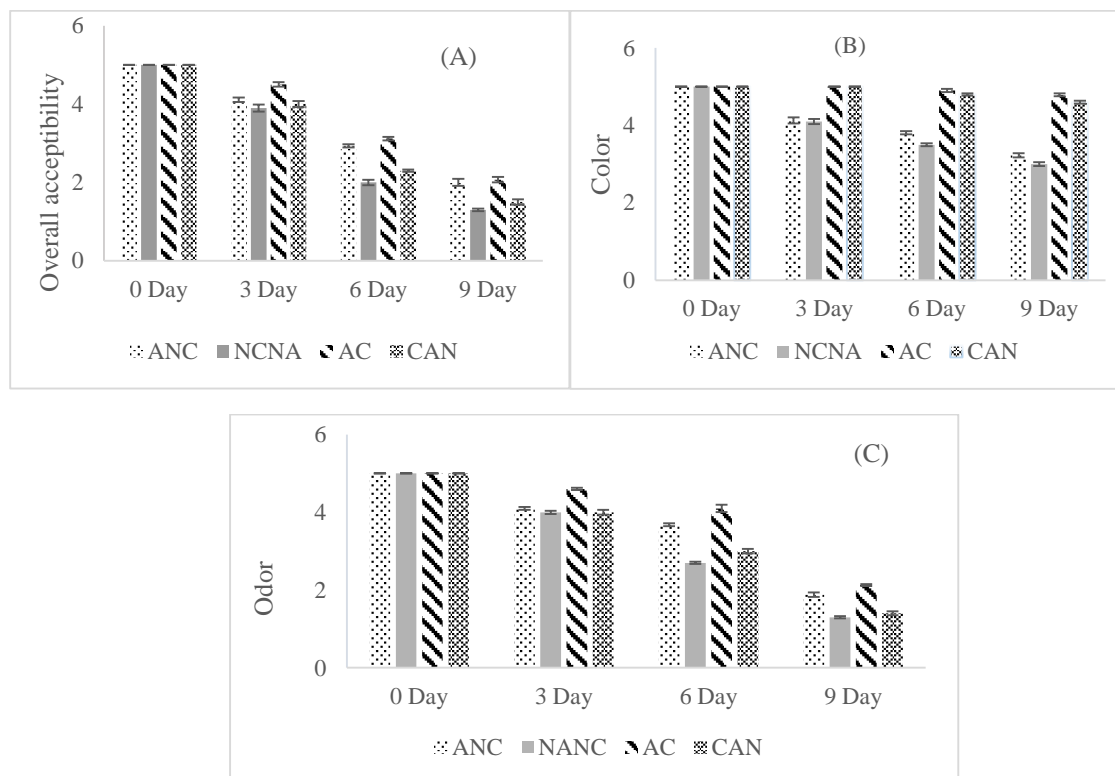
شکل (2)، اثر متقابل پوشش و مدت نگهداری و جذب و مدت نگهداری بر پارامتر کیفی رنگ در جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی طی مدت نگهداری

## 2.5. آنالیز حسی جوانه‌های گندم

ماندگاری محصولات ذخیره شده تا حد زیادی تحت تاثیر پارامترهای کیفی و بصری مانند بو و رنگ، صرف نظر از پارامترهای تعیین شده عینی یا ابزاری قرار دارد. بنابراین اثر پوشش (BSM)، جذب اتیلنی و زمان نگهداری بر ویژگی‌های حسی مانند (بو، رنگ و پذیرش کلی) مورد بررسی قرار گرفت. یکی از عمده‌ترین پارامترهای موثر بر کیفیت در ارزیابی حسی، بوی جوانه‌های گندم است که با افزایش مدت نگهداری تغییر می‌کند و به اصطلاح تیز می‌شود. جدول 2 آنالیز واریانس ویژگی‌های حسی (بو) در جوانه‌های گندم تازه که توسط ارزیاب‌های آموزش دیده مورد ارزیابی واقع شده است را

در حین نگهداری در دمای  $10^{\circ}\text{C}$  نشان می‌دهد. براساس نتایج آنالیز واریانس برای بوی جوانه‌های گندم، طی مدت نگهداری مشخص شد که زمان نگهداری، جذب، پوشش‌دهی و نیز اثر هم‌زمان جذب و زمان نگهداری، پوشش و جذب، پوشش و مدت نگهداری و جذب و مدت ذخیره‌سازی و پوشش‌دهی در بین تیمارها معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). یافته‌های این مطالعه با نتایج D'ambrosio و همکاران [22] برای جوانه‌های کینوا و Aharoni و همکاران [51] برای کلم بروکلی مطابقت داشت.

شکل (C-3) ویژگی‌های حسی (بو) جوانه گندم را نشان می‌دهد. پارامتر (بو) در جوانه‌های گندم در طی 9 روز نگهداری، کاهش داشته است. براساس شکل، بیشترین کاهش در نمونه‌های فاقد پوشش و فاقد جذب مشاهده شد. نمونه تیمار شده با محلول پوششی موسیلاژ دانه ریحان و بسته‌بندی شده در فیلم پلی‌اتیلنی حاوی جذب اتیلن کمترین تغییر بو را در طی 9 روز نگهداری به خود اختصاص داد.



شکل 3- اثر پوشش، جذب و مدت نگهداری بر ویژگی‌های حسی؛ (A) پذیرش کلی، (B) رنگ و (C) بو در جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی

از دیگر عوامل مهم در ارزیابی حسی جوانه گندم تازه، ارزیابی رنگ جوانه‌های گندم، می‌باشد. نتایج آنالیز واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر جذب، پوشش و مدت زمان نگهداری و اثر متقابل جذب و زمان نگهداری، پوشش و مدت نگهداری و

اثر متقابل سه گانه فاکتورها بر ویژگی حسی (رنگ) به‌طور معناداری موثر است ( $P < 0.05$ )، درحالی‌که اثر هم‌زمان پوشش و جاذب اتیلنی بر ویژگی حسی (رنگ) معنادار نبود ( $P > 0.05$ ).

شکل (B-3) ویژگی‌های حسی (رنگ) جوانه گندم را نشان می‌دهد. پارامتر رنگ در جوانه‌های گندم در طی 9 روز نگهداری، کاهش داشت. براساس شکل، کم‌ترین کاهش و تغییر رنگ ارزیابی شده در نمونه‌های دارای پوشش و جاذب (AC) و بدون پوشش و دارای جاذب مشاهده شد (ANC).

جدول (2) آنالیز واریانس ویژگی‌های حسی (پذیرش کلی) جوانه گندم را نشان می‌دهد. آنالیز واریانس نشان‌دهنده اثر پوشش، جاذب و مدت زمان بسته‌بندی بر معنادار بودن ( $P < 0.05$ ) پذیرش کلی از لحاظ آماری است. همچنین اثر متقابل دوگانه و سه گانه پوشش، جاذب و زمان نگهداری بر پذیرش کلی جوانه‌های گندم تازه از نظر آماری معنی دار بود ( $P < 0.05$ )، اما اثر متقابل پوشش و جاذب بر پذیرش کلی معنادار نبود ( $P > 0.05$ ).

## جدول 2- آنالیز واریانس ویژگی‌های حسی مانند رنگ، بو و پذیرش کلی

Source	Df	Color	Odor	Overall acceptability
C (Coat)	1	0.000*	0.000*	0.000*
A (Adsorb)	1	0.000*	0.000*	0.000*
D (Day)	3	0.000*	0.000*	0.000*
C×A	1	0.006	0.000*	0.7
C×D	3	0.000*	0.000*	0.000*
A×D	3	0.000*	0.000*	0.000*
C×A×D	3	0.015*	0.000*	0.000*

\* معنی‌دار در سطح احتمال پنج، یک و یک دهم درصد

از طرفی شکل (A-3) ویژگی‌های حسی (پذیرش کلی) جوانه گندم را نشان می‌دهد. پذیرش کلی جوانه‌های گندم در طی 9 روز نگهداری، کاهش داشته است. نمونه‌های پوشش داده شده با موسیلاژ دانه ریحان و نمونه‌های حاوی پوشش موسیلاژی و جاذب اتیلنی بهترین امتیاز را برای پذیرش حسی دریافت کردند، به نظر می‌رسد علت کاهش امتیاز در نمونه‌های فاقد جاذب می‌تواند به مصرف اکسیژن و ایجاد شرایط بی‌هوایی و تولید اتانول مرتبط باشد. نتایج حاصل، با نتایج پژوهش پورشریف و همکاران برای پرتقال تامسون مطابقت دارد [52].

## 6. مدل‌سازی سینتیکی جوانه گندم براساس ارزیابی حسی و روشیایی ( $L^*$ )

### 1.6. مدل‌سازی سینتیکی روشیایی ( $L^*$ )

از آنجایی که رنگ (سطح بیرونی و هیپوکوتیل) جوانه‌های گندم به‌عنوان یکی از پارامترهای کیفی محسوب می‌شود و از نظر ظاهری برای مصرف کننده بسیار حائز اهمیت است، بنابراین مدل‌سازی جوانه‌های گندم براساس روشیایی ( $L^*$ ) انجام پذیرفت و همبستگی نتایج مدل بدست آمده از ارزیابی روشیایی ( $L^*$ ) مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور مدل‌سازی جوانه‌های گندم تازه (رقم پارس)، براساس سینتیک تغییرات رنگ با استفاده از مدل‌های درجه صفر و اول، مدل‌سازی سینتیکی تغییرات روشیایی

( $L^*$ ) برای جوانه‌های گندم انجام شد. مناسب‌ترین مدل توصیف‌کننده با استفاده از ضریب تعیین و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) بدست آمد. جدول (3) نشان‌دهنده ضریب تعیین و ریشه میانگین مربعات خطا در جوانه‌های گندم تازه می‌باشد. باتوجه به این جدول، به دلیل بالا بودن این ضریب و پائین بودن ریشه میانگین مربعات خطا، مدل درجه یک (معادله 2) برای مدل‌سازی سینتیکی تغییرات روشنایی، به‌عنوان مدل نهایی برای توصیف نتایج استفاده شد.

### جدول 3- نتایج مدل‌های مختلف براساس ضریب تعیین و ریشه میانگین مربعات خطا برای پارامترهای روشنایی و پذیرش کلی در جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی

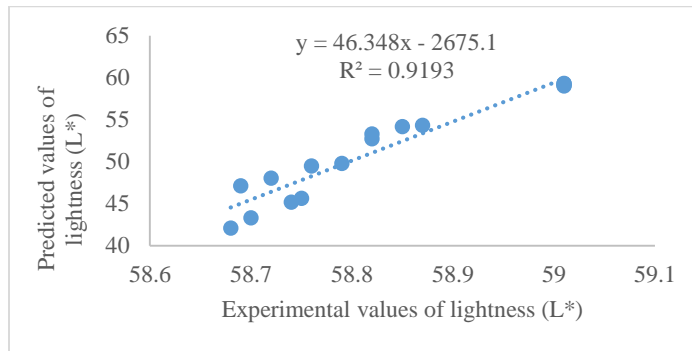
Lightness ( $L^*$ )		overall acceptability		
First Order	Zero Order	First Order	Zero Order	Model
0.91	0.90	0.86	0.86	$R^2$
9	14	0.19	0.24	RMSE

به منظور تعیین انرژی فعال‌سازی ( $E_a$ ) و ثابت سرعت واکنش ( $K$ ) در دمای ثابت، ثابت سرعت واکنش برحسب معکوس دما، مطابق رابطه آرنیوس ترسیم می‌شود. انرژی فعال‌سازی بیان‌کننده وابستگی تغییرات سینتیکی تحت شرایط تجربی به دمای نگهداری می‌باشد. مقادیر بزرگ‌تر ثابت سرعت واکنش نشان‌دهنده سرعت تخریب بالاتر و مقادیر کوچک‌تر انرژی فعال‌سازی نشان‌دهنده حساسیت کم‌تر نمونه‌ها نسبت به تخریب است [53]. میزان انرژی فعال‌سازی، ضریب تعیین، فاکتور پیش‌نمایی در جدول (4) آمده است. همان‌طور که از جدول مشخص است نمونه دارای پوشش و جاذب، کم‌ترین فاکتور پیش‌نمایی را داشت، بدین مفهوم که مدت ماندگاری بالاتری دارد.

### جدول 4- ضریب تعیین، انرژی فعال‌سازی و فاکتور پیش‌نمایی برای روشنایی در جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی

$ E_a $ ( $kcal.mol^{-1}$ )	$K_0$ ( $s^{-1}$ )	$R^2$	Treatment
5769.918	0.02	0.88	NANC
13850.69	0.01	0.88	ANC
21726.54	0.007	0.93	AC
19025.82	0.008	0.89	CAN

جهت تایید مدل سینتیکی روشنایی، مقادیر پیش‌بینی‌شده با مقادیر اندازه‌گیری شده برای این شاخص مقایسه شد (شکل 4). ضریب همبستگی بالای مدل ( $R^2 = 0.91$ ) بیانگر اعتبار مدل براساس روند تغییر روشنایی است. [54].



شکل 4- همبستگی بین داده‌های تجربی و داده‌های پیش‌بینی شده توسط مدل درجه یک برای پذیرش کلی جوانه گندم تازه رقم پارسی

## 2.6. مدل‌سازی سینتیکی ارزیابی حسی (پذیرش کلی)

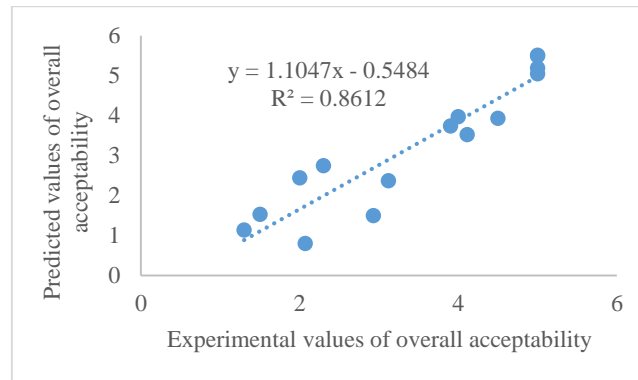
به منظور مدل‌سازی جوانه‌های گندم تازه (رقم پارسی)، براساس روش ارزیابی حسی (پذیرش کلی)، با استفاده از مدل‌های درجه صفر و اول، مدل‌سازی سینتیکی پذیرش کلی برای جوانه‌های گندم انجام شد که براساس ضریب همبستگی بین داده‌های تجربی و پیش‌بینی شده، مناسب‌ترین مدل با توجه به داده‌های ارائه شده در جدول (3) انتخاب گردید. بنابراین جهت مدل‌سازی جوانه‌های گندم تازه براساس پذیرش کلی، مدل سینتیکی درجه یک (معادله 2) به عنوان مدل نهایی استفاده شد.

نتایج رگرسیون پذیرش کلی با توجه به معادله آرنیوس در جدول (5) آمده است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از پوشش خوراکی و سیستم MAP حاوی جاذب بر افزایش زمان ماندگاری موثر است، در این بین نمونه دارای پوشش و بسته‌بندی شده در اتمسفر اصلاح شده دارای جاذب اتیلن ماندگاری بالاتری براساس پذیرش کلی دارد.

جدول 5- ضریب تعیین، انرژی فعال‌سازی و فاکتور پیش‌نمایی برای پذیرش کلی در جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی

$ E_a $ ( $kcal.mol^{-1}$ )	$K_0$ ( $s^{-1}$ )	$R^2$	Treatment
1473.853	0.39	0.97	NANC
5132.952	0.47	0.99	ANC
3288.78	0.42	0.97	AC
1044.905	0.37	0.98	CAN

برای تایید مدل سینتیکی ارزیابی حسی (پذیرش کلی)، مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر اندازه‌گیری شده برای این شاخص مقایسه شد (شکل 5). ضریب تعیین بالای مدل ( $R^2 = 0.86$ ) نشان‌دهنده اعتبار مدل براساس روند تغییر ویژگی حسی (پذیرش کلی) است. [54].



شکل 5- همبستگی بین داده‌های تجربی و داده‌های پیش‌بینی شده توسط مدل درجه یک برای پذیرش کلی جوانه گندم تازه رقم پارسی

### 7. تخمین زمان ماندگاری جوانه‌های گندم تازه رقم پارسی

در این پژوهش به منظور تخمین مدت ماندگاری از ارزیابی حسی در دو دمای 4 و 10 درجه سانتی‌گراد استفاده شد. همان‌طور که بیان شد روش هدونیک 5 نقطه‌ای مورد استفاده قرار گرفت و نقطه انقطاع 2.5 از 5 به عنوان پایان زمان ماندگاری محصول در نظر گرفته شد. جدول 6 مدت ماندگاری جوانه‌های گندم را نشان می‌دهد.

جدول 6- مقادیر مدت ماندگاری و ضریب تعیین محاسبه شده براساس تابع خطی ماندگاری و پذیرش مصرف-کننده برای جوانه‌های گندم رقم پارسی در دو دمای 5 °C و 10 °C

تیمار				شاخص		
CAN	AC	ANC	NANC			
6.5	7.35	6.62	6.07	عمر انبارمانی (روز)	5	3 C
0.98	0.96	0.98	0.96	R <sup>2</sup>		
6.22	8	7.47	5.8	عمر انبارمانی (روز)	10	
0.98	0.97	0.99	0.97	R <sup>2</sup>		

مطابق جدول 6، نمونه‌های تیمار شده با موسیلاژ دانه ریحان و بسته‌بندی شده در بسته‌های حاوی جاذب اتیلن (AC) در دو دمای 5 و 10 درجه سانتی‌گراد به ترتیب 8 و 7.35 روز ماندگاری و نمونه بسته‌بندی شده در بسته حاوی جاذب اتیلن بدون پوشش BSM (ANC) به ترتیب دارای مدت ماندگاری 7.47 و 6.62 روز در دو دمای 5 و 10 درجه سانتی‌گراد هستند. بنابر جدول فوق کمترین مدت ماندگاری متعلق به NANC در هر دو دما می‌باشد.



## 8. نتیجه گیری

از مدل های مختلف ریاضی برای نشان دادن تغییرات روشنایی و پذیرش کلی به عنوان تابعی از دمای ذخیره سازی جوانه گندم رقم پارسا استفاده شد. برای بیان تغییرات در پذیرش کلی و روشنایی از مدل درجه یک استفاده گردید. اعتبارسنجی هریک از مدل های پیشنهادی برای تغییرات روشنایی و پذیرش کلی نشان دهنده همبستگی بین داده های آزمایشگاهی و پیش بینی شده با  $R^2$  بالاتر از 0.91 برای شاخص روشنایی رنگ بود. علاوه بر آن، نتایج نشان داد که استفاده هم زمان سیستم MAP (حاوی جاذب) و پوشش خوراکی حاصل از موسیلاژ دانه ریحان (BSM) بر ویژگی های کیفی جوانه های گندم معنی دار بود ( $P < 0.05$ ). براساس نتایج مدت ماندگاری تخمین زده شده برای جوانه های گندم تیمار شده با BSM و بسته بندی شده در بسته های حاوی جاذب اتیلنی پرمگنات پتاسیم و نگهداری شده در دمای  $10^\circ\text{C}$  در مقایسه با سایر نمونه ها بیشتر بود.

## 9. تقدیر و تشکر

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است. نویسندگان به پاس تمام حمایت های انجام شده از دانشگاه فردوسی مشهد، سپاسگزارند.

نام گذاری ها و واحدها	
NANC فاقد جاذب و پوشش	T 237.15 °K
ANC فاقد پوشش و دارای جاذب	R 1.98 Kcal.mol <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
AC دارای پوشش و جاذب	K s <sup>-1</sup> ; mol.m <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup>
CAN دارای پوشش و فاقد جاذب	E <sub>a</sub> Kcal.mol <sup>-1</sup>

## 10. منابع

1. Świeca, M., D. Dziki, and U. Gawlik-Dziki, *Starch and protein analysis of wheat bread enriched with phenolics-rich sprouted wheat flour*. Food chemistry, 2017. 228: p. 643-648.
2. Kumar, K., et al., *Composition, characteristics and health promising prospects of black wheat: A review*. Trends in Food Science & Technology, 2021.
3. Ranjitha, K. and D. Rao, *Modified atmosphere packaging of green gram (Vigna radiata L.) sprouts for extending shelf life and acceptance in indian market*. Asian Journal of Dairy and Food Research, 2014. 33(2): p. 91-97.
4. Chen, J., et al., *Respiration Rate Measurement and Chemical Kinetic Modelling for Mung Bean Sprouts*. Journal of Food Process Engineering, 2017. 40(1): p. e12346.
5. Mamilla, R.K. and V.K. Mishra, *Effect of germination on antioxidant and ACE inhibitory activities of legumes*. LWT, 2017. 75: p. 51-58.
6. Xue, Z., et al., *Bioactive compounds and antioxidant activity of mung bean (Vigna radiata L.), soybean (Glycine max L.) and black bean (Phaseolus vulgaris L.) during the germination process*. Czech Journal of Food Sciences, 2016. 34(1): p. 68-78.



- .7 Oregel-Zamudio, E., et al., *Effect of candelilla wax edible coatings combined with biocontrol bacteria on strawberry quality during the shelf-life*. Scientia Horticulturae, 2017. 214: p. 273-279.
- .8 Jouki, M., et al., *Optimization of extraction, antioxidant activity and functional properties of quince seed mucilage by RSM*. International journal of biological macromolecules, 2014. 66: p. 113-124.
- .9 Yousuf, B. and A.K. Srivastava, *Psyllium (Plantago) gum as an effective edible coating to improve quality and shelf life of fresh-cut papaya (Carica papaya)*. International journal of biological, biomolecular, agricultural, food and biotechnological engineering, 2015. 9(7): p.707-702 .
- .10 Zeynali, M., S. Naji-Tabasi, and R. Farahmandfar, *Investigation of basil (Ocimum basilicum L.) seed gum properties as Cryoprotectant for Frozen Foods*. Food Hydrocolloids, 2019. 90: p. 305-312.
- .11 Nazir, S., I.A. Wani, and F.A. Masoodi, *Extraction optimization of mucilage from Basil (Ocimum basilicum L.) seeds using response surface methodology*. Journal of advanced research, 2017. 8(3): p. 235-244.
- .12 Khazaei, N., et al., *Characterization of new biodegradable edible film made from basil seed) Ocimum basilicum L.) gum*. Carbohydrate polymers, 2014. 102: p. 199-206.
- .13 Makri, O. and S. Kintzios, *Ocimum sp.(basil): Botany, cultivation, pharmaceutical properties, and biotechnology*. Journal of herbs, spices & medicinal plants, 2008. 13(3): p. 123.150-
- .14 Rafe, A. and S.M. Razavi, *Dynamic viscoelastic study on the gelation of basil seed gum*. International Journal of Food Science & Technology, 2013. 48(3): p. 556-563.
- .15 Maghoubi, M., et al., *Combined effect of heat treatment, UV-C and superatmospheric oxygen packing on phenolics and browning related enzymes of fresh-cut pomegranate arils*. LWT-Food Science and Technology, 2013. 54(2): p. 389-396.
- .16 Fonseca, S.C., F.A. Oliveira, and J.K. Brecht, *Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review*. Journal of food engineering, 2002. 52(2): p. 99-119.
- .17 Gaikwad, K.K., et al., *Novel polyisoprene based UV-activated oxygen scavenging films and their applications in packaging of beef jerky*. LWT, 2020 :117 .p. 108643.
- .18 Yildirim, S., et al., *Active packaging applications for food*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2018. 17(1): p. 165-199.
- .19 Yam, K.L., *The Wiley encyclopedia of packaging technology*. 2010: John Wiley & Sons.
- .20 Allende, A., et al., *Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions*. Postharvest Biology and Technology, 2004. 33(1): p. 51-59.
- .21 Lopez-Galvez, G., et al. *Quality of red and green fresh-cut peppers stored in controlled atmospheres*. in *Proceedings of the seventh international controlled atmosphere research conference*. 1997.
- .22 D'ambrosio, T., et al., *Chemical, physical and sensorial characterization of fresh quinoa sprouts (Chenopodium quinoa Willd.) and effects of modified atmosphere packaging on quality during cold storage*. Food Packaging and Shelf Life, 2017. 14: p. 52-58.





- .23 Córdova, A., C. Quezada, and J. Saavedra, *A MALST method comparison over univariate kinetic modeling for determination of shelf-life in cereal snack of dried apples*. *Procedia Food Science*, 2011. 1: p. 1045-1050.
- .24 Salinas-Hernández, R.M., G.A. González-Aguilar, and M.E. Tiznado-Hernández, *Utilization of physicochemical variables developed from changes in sensory attributes and consumer acceptability to predict the shelf life of fresh-cut mango fruit*. *Journal of food science and technology*, 2015. 52(1): p. 63-77.
- .25 Nambi, V.E., et al., *Color kinetics during ripening of Indian mangoes*. *International Journal of Food Properties*, 2016. 19(10): p. 2147-2155.
- .26 Castellanos, D.A., W. Polanía, and A.O. Herrera, *Development of an equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) for feijoa fruits and modeling firmness and color evolution*. *Postharvest Biology and Technology*, 2016. 120: p. 193-203.
- .27 Nannyonga, S., et al., *Mathematical modelling of color, texture kinetics and sensory attributes characterisation of ripening bananas for waste critical point determination*. *Journal of food engineering*, 2016. 190: p. 205-210.
- .28 Singh, R., A. Kumar, and J. Singh, *Quality Attributes of Fresh Chickpea (Cicer arietinum) Sprouts Stored under Modified Atmospheric Packages*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2014. 38(3): p. 1054-1064.
- .29 Koocheki, A., et al., *Rheological properties of mucilage extracted from Alyssum homolocarpum seed as a new source of thickening agent*. *Journal of food engineering*, 2009. 91(3): p. 490-496.
- .30 Alizadeh Behbahani, B., F. Tabatabaei Yazdi, and F. Shahidi, *Production of an antimicrobial edible coating based on Plantago major seed mucilage in combination with dill and tarragon essential oils: its properties and application in beef*. PhD Thesis, 2016.
- .31 Del-Valle, V., et al., *Development of a cactus-mucilage edible coating (Opuntia ficus indica) and its application to extend strawberry (Fragaria ananassa) shelf-life*. *Food Chemistry*, 2005. 91(4): p. 751-756.
- .32 Gajewski, M., et al., *Quality characteristics of fresh plant sprouts and after their short-term storage*. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 2008. 68(2008): p. 155-166.
- .33 Amodio, M.L., A. Derossi, and G. Colelli, *Modeling Shelf Life of Packaged, Ready-to-Eat Fruits and Vegetables with Reference to the Fate of Nutritional Compounds*. *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*, 2nd Edition, 2017: p. 833-856.
- .34 Amodio, M.L., A. Derossi, and G. Colelli, *Modelling sensorial and nutritional changes to better define quality and shelf life of fresh-cut melons*. *Journal of Agricultural Engineering*, 2013. 44(1): p. e6-e6.
- .35 Mizrahi, S., *Accelerated shelf life testing of foods*, in *Food and beverage stability and shelf life*. 2011, Elsevier. p. 482-506.
- .36 Giannakourou, M. and P. Taoukis, *Kinetic modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions*. *Food chemistry*, 2003. 83(1): p. 33-41.
- .37 Sierra, N.M., et al., *Evaluation and modeling of changes in shelf life, firmness and color of 'Hass' avocado depending on storage temperature*. *Food Science and Technology International*, 2019. 25(5): p. 370-384.



- .38 Radi, M., et al., *Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with Aloe vera and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges*. Journal of Food Quality, 2017. 2017.
- .39 Teodosio, A.E.M.M., et al., *Effects of edible coatings of Chlorella sp. containing pomegranate seed oil on quality of Spondias tuberosa fruit during cold storage*. Food Chemistry. 338: p. 127916.
- .40 Vargas, M., et al., *Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits*. Critical reviews in food science and nutrition, 2008. 48(6): p. 496-511.
- .41 Sedaghat, N., *Modeling of storage and packaging conditions of raw dry pistachio nuts*. 2004, Ph. D Thesis. Ferdowsi University of Mashhad.
- .42 Ebrahimi, A., et al., *Novel strategies to control ethylene in fruit and vegetables for extending their shelf life: A review*. International Journal of Environmental Science and Technology, 2021: p. 1-12.
- .43 Lee, J., et al., *Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents*. LWT-Food Science and Technology, 2003. 36(3): p. 323-329.
- .44 Maftoonazad, N. and H. Ramaswamy, *Effect of pectin-based coating on the kinetics of quality change associated with stored avocados*. Journal of food processing and preservation, 2008. 32(4): p. 621-643.
- .45 Ferrante, A., et al., *Colour changes of fresh-cut leafy vegetables during storage*. J. Food Agric. Environ, 2004. 2(3&4): p. 40-44.
- .46 Ezati, P., Z. Riahi, and J.-W. Rhim, *CMC-based functional film incorporated with copper-doped TiO<sub>2</sub> to prevent banana browning*. Food Hydrocolloids, 2022. 122: p. 107104.
- .47 Sujayasree, O. and N. Fasludeen, *Potassium permanganate (KMnO<sub>4</sub>) as an effective anti-ethylene agent to delay fruit ripening: recent advances*. Res J. Chem. Environ. Sci, 2017. 5(2): p. 73-76.
- .48 Chauhan, O., et al., *Shellac and aloe-gel-based surface coatings for maintaining keeping quality of apple slices*. Food Chemistry, 2011. 126(3): p. 961-966.
- .49 Salcedo, R., et al. *Variation in the fatty acid profile and quality of Hass' avocados preserved during cold storage*. in *VIII International Postharvest Symposium: Enhancing Supply Chain and Consumer Benefits-Ethical and Technological Issues 1194*. 2016.
- .50 Ghidelli, C., et al. *Extending the shelf life of fresh-cut eggplant with a soy protein-cysteine based edible coating and modified atmosphere packaging*. Postharvest Biology and Technology, 2014. 95: p. 81-87.
- .51 Aharoni, N., et al. *Controlling humidity improves efficacy of modified atmosphere packaging of fruits and vegetables*. in *Europe-Asia Symposium on Quality Management in Postharvest Systems-Eurasia 2007 804*. 2007.
- .52 Pour sharif, Z., N. Sedaghat, and F. Shahidi, *Shelf life Modelling and evaluation of modified atmosphere packaging and edible coating (Chitosan-Aloe vera) effect on maintaining quality of Orange*. PhD Thesis, 2017.
- .53 Corzo, O., et al., *Weibull distribution for modeling air drying of coroba slices*. LWT-Food Science and Technology, 2008. 41(10): p. 2023.2028-



- .54 Leizeron, S. and E. Shimoni, *Stability and sensory shelf life of orange juice pasteurized by continuous ohmic heating*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005. 53(10): p. 4012-4018.