

## بررسی تأثیر پوشش خوراکی حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس، کیتوزان و ژلاتین بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و تغذیه‌ای کیوی خشک شده

سیده زینب اسدی<sup>1</sup>، زهرا بیگ محمدی<sup>2\*</sup>، عادل میرمجیدی هشتجین<sup>3</sup>

1- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران، ایران

2- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

3- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: 98/12/19 تاریخ پذیرش: 99/02/13)

### چکیده

در سال‌های اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای در استفاده از پوشش‌های خوراکی در بسته‌بندی مواد غذایی انجام گرفته است. امروزه استفاده از پوشش‌های خوراکی به دلیل تمایل مشتریان بر خریداری محصولاتی که تازگی و طراوت خود را حفظ می‌کنند، افزایش یافته است. در این پژوهش، پوششی خوراکی بر پایه درصدهای مختلف پودر عصاره هیدروالکلی 70 درصد جلبک در غلظت‌های 0/5 تا 1/5 درصد اسپیرولینا پلاتنسیس به همراه درصدهای ثابتی از پودر ژلاتین (2 درصد) و پودر کیتوزان (1 درصد) و گلیسرول (1 درصد) بر اساس آزمایش‌های پیشین به عنوان روان‌کننده بر روی برگه‌های کیوی استفاده شد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شامل میزان رطوبت، pH، اسیدیته قابل تیتر، رنگ‌سنجی، فنل تام، ویژگی‌های تغذیه‌ای شامل میزان پروتئین، آهن و اسید آسکوربیک، ارزیابی حسی و میکروبی نمونه فاقد پوشش و تیمارهای مختلف حاوی پوشش خوراکی در زمان صفر تولید و روزهای هفتم و چهاردهم نگهداری در دمای محیط در بسته‌بندی پلی‌اتیلن بررسی گردید. نتایج حاصل از آزمون‌های فیزیکوشیمیایی بیانگر افزایش میزان رطوبت، اسیدیته و فنل تام با افزایش میزان اسپیرولینا پلاتنسیس در تیمارهای پوششی مختلف بود. نتایج رنگ سنجی نشان داد که با افزایش میزان درصد اسپیرولینا شفافیت تیمارها کاهش یافت. بررسی نتایج ارزیابی تغذیه‌ای نشان داد که با افزایش میزان اسپیرولینا پلاتنسیس در بین تیمارها میزان پروتئین، آهن و اسید اسکوربیک به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $p < 0.05$ ). همچنین افزایش میزان اسپیرولینا پلاتنسیس طعم و رنگ تیمارها مؤثر بود که توسط ارزیابی‌های حسی تشخیص داده شد. نتایج نشان داد اثر افزایش اسپیرولینا پلاتنسیس بر کاهش رشد میکروبی قابل توجه است.

**کلید واژگان:** پوشش خوراکی، اسپیرولینا پلاتنسیس، ژلاتین، کیتوزان، کیوی، ارزیابی حسی، اسید آسکوربیک

\* مسئول مکاتبات: Beigmohammadi.zahra@gmail.com

## 1- مقدمه

ریز جلبک‌ها<sup>1</sup> منابع مغذی جایگزین و جدید از مواد طبیعی هستند که می‌توانند در توسعه مواد غذایی جدید مورد استفاده قرار گیرند. ترکیبات فعال بیولوژیکی به طور طبیعی درون سلول ریز جلبک‌ها قرار دارند و قادر به مقاومت در برابر شرایط سخت تکنولوژیکی در فرایندهای غذایی می‌باشند [1]. در میان گونه‌های شناخته شده ریز جلبک‌های متعددی از جمله کلرلا ولگاریس<sup>2</sup> و اسپیرولینا پلاتنسیس<sup>3</sup>، به عنوان انواع خوراکی رایج و بدون عوارض جانبی شناخته شده‌اند. اسپیرولینا از جمله ریز جلبک‌های چند سلولی و رشته‌ای سبز-آبی است و بعد از تأیید سازمان غذا و دارو<sup>4</sup> به عنوان GRAS<sup>5</sup> معرفی گردید [2]. ارزش غذایی اسپیرولینا پلاتنسیس به علت هضم آسان ناشی از فقدان سلولز در دیواره سلولی است و میزان اسید نوکلئیک آن کمتر از پنج درصد است که از سایر ریز جلبک‌ها مانند کلرلا و سندموس کمتر می‌باشد. اسپیرولینا تمامی اسید آمینه‌های ضروری را داشته و ارزش زیستی بالایی دارد [2].

کیوی با نام علمی اکتینیدیا دلیسیوسا<sup>6</sup> از میوه‌های متعلق به خانواده اکتینیدیاسه<sup>7</sup> [3] با داشتن میزان اسید آسکوربیک (0/025-0/150 درصد) و ترکیبات ضد اکسیدانی از جمله کاروتنوئیدها و لوتئین، میوه‌ای با ارزش تغذیه‌ای بالا محسوب می‌گردد. میوه کیوی دارای بافت نسبتاً نرم و میزان رطوبت بالا است و مدت کوتاهی از سال (3 تا 4 ماه) به صورت تازه در دسترس می‌باشد و عمده‌تاً به مصرف تازه خوری می‌رسد. با این وجود به دلیل میزان بالای محتوای رطوبتی (بیش از 80 درصد وزن مرطوب) استفاده از فرآورده‌های نگهداری به منظور افزایش زمان ماندگاری آن ضروری به نظر می‌رسد [4]. میزان ضایعات پس از برداشت این میوه 24-33 درصد اعلام گردیده است. همچنین حدود 60 درصد از میوه‌های تولید شده ریز و مقدار قابل توجهی از آن بد شکل و ضربه دیده می‌باشد،

بنابراین می‌توان با تبدیل کیوی به فراورده‌های نوین ضمن افزایش ارزش افزوده تا حدودی از ضایعات آن جلوگیری نمود [5].

کیتوزان با نام علمی poly (β-D(1-4)-2-amino-2-deoxy-α-glucan یکی از مهم‌ترین مشتقات طبیعی کیتین بوده که بیش از 50 درصد گره‌های استیل آن حذف شده باشد [6]. واحدهای تشکیل دهنده کیتوزان گلوکز آمین و N- استیل گلوکز آمین است که با پیوند بتا گلیکوزیدی (β-1,4) به هم متصل می‌شوند. کیتین و مشتقات آن کاربردهای زیادی در صنایع غذایی، کشاورزی و محیط دارند [7].

ژلاتین، پروتئینی است که از آبکافت کنترل شده کلاژن به دست می‌آید. ژلاتین فیلم‌هایی با ویژگی مکانیکی مناسب و حفاظت خوب در برابر اکسیژن و بو در رطوبت نسبی کم و متوسط ایجاد می‌کند؛ اما به دلیل آب دوستی بالا، نسبت به رطوبت نفوذپذیر است. یکی از راه‌های غلبه بر این محدودیت، ترکیب کردن آن با سایر بسپارها و تهیه ی فیلم چندلایه است [8].

پوشش‌های خوراکی لایه‌های نازکی از مواد خوراکی‌اند که برای افزایش کیفیت و زمان ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌ها به کار گرفته می‌شوند. امروزه استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به دلیل دارا بودن مواد طبیعی و عدم ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی در حال افزایش است. استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی برای میوه‌ها و سبزی‌ها می‌تواند موجب به تأخیر انداختن کاهش آب، از دست رفتن ترکیبات معطر و کاهش تنفس، تغییرات رنگ و بهبود ظاهر محصول گردد. و به طور کلی باعث افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت محصولات تازه شود [9]. با توجه به تقاضای مصرف کنندگان جهت استفاده از مواد خوراکی با کیفیت بالا و نگرانی آن‌ها به دلیل مشکلات ناشی از مصرف نگهدارنده‌های مصنوعی، ایده استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های زیست تخریب‌پذیر با ویژگی‌های تغذیه‌ای و ضد میکروبی به عنوان جایگزینی مناسب مورد توجه قرار گرفته است. قابلیت تشکیل فیلم و ویژگی‌های حفاظتی اسپیرولینا پلاتنسیس، کیتوزان و ژلاتین موجب شده که به عنوان پوشش‌ها و فیلم‌های ضد میکروبی و

1. Microalga
2. *Chlorella vulgaris*
3. *Spirulina platensis*
4. Food and drug administration (FDA)
5. Generally Recognized as Safe
6. *Actinidia deliciosa*
7. Actinidiaceae

ضد اکسیدانی مورد استفاده قرار گیرند [10]. استفاده از فیلم حاوی اسپیرولینا، ژلاتین و کیتوزان در بررسی اثر ریزجلبک‌های اسپیرولینا و دیاکرونما بر فرآورده ژله‌ای [11]، بررسی تأثیر غلظت اسپیرولینا بر الاستیسیته ژل تولیدی [12]، به کارگیری اسپیرولینا ماکسیما در بهبود پارامترهای کیفی و افزایش سختی فرآورده‌های ماکارونی [13]، بررسی اثر سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر تغییرات پارامترهای رنگی پاستیل کیوی در طی خشک‌کردن در خشک‌کن هوای داغ [14] بررسی اثر پوشش خوراکی (ژل آلوه‌ورا) و نوع بسته‌بندی بر کیفیت کیوی رقم هایوارد [15] و همچنین بررسی ماندگاری میوه کیوی پوشش داده شده با کنسانتره پروتئین آب پنیر و روغن سبوس برنج [16] از جمله پژوهش‌های انجام شده در این زمینه است.

از این رو هدف از این پژوهش بهبود عمرماندگاری میوه کیوی با استفاده از پوشش خوراکی حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس، ژلاتین و کیتوزان و بررسی اثر غلظت‌های مختلف آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، تغذیه‌ای و ارزیابی حسی و میکروبی برش‌های میوه کیوی پوشش داده شده است.

## 2- مواد و روش‌ها

### 2-1- مواد

میوه کیوی رقم هایوارد<sup>1</sup> از بازار محلی (ایران، تهران)، پودر ژلاتین گاوی 210 بوم از شرکت مرک (آلمان، دارمشتات)، پودر کیتوزان (240 kDa و درجه داستیلاسیون 80 درصد) از شرکت نانو شیمی یاخته (ایران، تهران)، گلیسرول با درجه خوراکی از شرکت مرک (آلمان، دارمشتات)، و پودر اسپیرولینا پلاتنسیس از شرکت نور دارو گنبد (ایران، گلستان) خریداری شد. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش با درجه آزمایشگاهی از شرکت مرک (آلمان، دارمشتات) تهیه گردید.

### 2-2- روش‌ها

#### 2-2-1- تهیه برش‌های کیوی، پوشش خوراکی و نحوه پوشش‌دهی

پس از پوست‌گیری اولیه، برش‌های کیوی با ضخامت 1 سانتی‌متر تهیه و سپس جهت تیمارهای پوششی مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. برای تهیه پوشش‌ها، ابتدا اسپیرولینا پلاتنسیس عصاره‌گیری شد. استخراج عصاره آبی- اتانولی با نسبت (30:70) نمونه‌ها با استفاده از مایکروویو دارای کندانسور (سامسونگ مدل ME3411W، مالزی) با توان 211 وات و زمان 15 دقیقه انجام شد. پس از خنک شدن اولیه عصاره حاصل تا دمای 25 درجه سانتی‌گراد و صاف نمودن با کاغذ صافی واتمن شماره 1، به منظور خروج حلال از دستگاه تبخیرکننده چرخشی تحت خلأ (Lab Tech EV311VC، ایتالیا) با دمای 40 درجه سانتی‌گراد استفاده گردید [17]. ژلاتین با میزان 2 گرم در 100 میلی‌لیتر آب دیونیزه پس از هیدراته شدن، به منظور انحلال کامل به مدت 30 دقیقه در حمام آب جوش (شرکت شیماز، ایران) با دمای 60 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس تا دمای اتاق سرد گردید [18]. محلول کیتوزان 1 درصد پس از انحلال در اسیداستیک 0/5 درصد نیز تا دمای اتاق سرد گردید. جهت تهیه تیمارهای مختلف پوشش‌دهی (جدول 1) ترکیب کیتوزان، ژلاتین و هر کدام از پودر عصاره هیدروالکلی جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (0/5، 1 و 1/5 درصد) و گلیسرول در دمای محیط با یکدیگر با سرعت 300 دور در دقیقه به مدت 10 دقیقه با یکدیگر ترکیب شدند [19].

برش‌های کیوی بلافاصله پس از برش در دمای محیط داخل محلول پوشش خوراکی به مدت یک دقیقه غوطه‌ور گردیدند. پس از حذف محلول مازاد با کمک سینی‌های توری مشبک، برگه‌های میوه حاوی پوشش به صورت ورقه‌ای در داخل یک سینی قرار داده شدند و با جریان هوای 0/5 متر بر ثانیه در دمای 60 درجه سانتی‌گراد در آون (شیماز مدل SHFD55، ایران) خشک شدند [20] و در نهایت در بسته‌بندی‌هایی از جنس پلی اتیلن با وزن مولکولی پایین (LDPE<sup>2</sup>) با دوخت حرارتی به مدت 0.7 و 14 روز در دمای 25 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 30 درصد نگهداری شدند [21].

2. Low Density Polyethylene

1. *Actinidia deliciosa* cv. Hayward

**Table 1** Different variables of kiwi fruit coatings

Samples	<i>Spirulina Platensis</i> (%)	Gelatin t(%)	Chitosan (%)	Glycerol(%)
T0	0	0	0	0
T1	0	2	1	1
T2	0.5	2	1	1
T3	1	2	1	1
T4	1.5	2	1	1

## 2-2-2- تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی برش‌های

### کیوی شاهد و پوشش داده شده

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه کیوی شامل درصد رطوبت با روش استاندارد ملی ایران به شماره 672 [22]، اسیدیته قابل تیتر بر اساس اسید سیتریک 2009 [23]، pH با استفاده از روش کاردوسو و همکاران [24]، تعیین گردید. برای تعیین میزان فنل تام عصاره‌های میوه کیوی از واکنش فولین-سیوکالتیو استفاده و نتایج بر حسب میلی گرم اسید گالیک در گرم عصاره بیان شد. اساس کار در این روش، احیاء معرف فولین توسط ترکیبات فنولی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است که حداکثر جذب را در طول موج 760 نانومتر نشان می دهد. به طور خلاصه در این روش یک میلی لیتر از نمونه را با یک میلی لیتر معرف مخلوط کرده و نمونه‌ها به مدت 2 دقیقه در تاریک خانه قرار داده شدند. پس از این مدت 3 میلی لیتر کرینات سدیم (20 درصد وزنی حجمی) به آن افزوده شد. نمونه‌ها بعد از تکان دادن، به مدت 30 دقیقه درون حمام آب با دمای 40 درجه سانتی گراد قرار گرفتند. پس از ظاهر شدن رنگ ترکیب به مدت 10 دقیقه دیگر در دمای اتاق نگهداری و سپس شدت رنگ ایجاد شده با اسپکتروفتومتر با طول موج 765 نانومتر اندازه گیری گردید [17]. جهت رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک استفاده شد. بدین منظور ابتدا محلول پایه ای از اسید گالیک آماده و غلظت‌های مختلف (10 تا 100 میکروگرم در میلی لیتر) تهیه و منحنی استاندارد بر مبنای جذب در برابر غلظت رسم گردید. میزان کل ترکیبات فنلی موجود در عصاره بر حسب معادل اسید گالیک و با استفاده از معادله بدست آمده از منحنی استاندارد محاسبه و نتایج بر حسب میلی گرم اسید گالیک در هر گرم عصاره بیان شد.

جهت تعیین مشخصات رنگ، فاکتورهای  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  با استفاده از دستگاه رنگ سنج (LURTON RGB 1002) تایوان) اندازه گیری شد. مشخصات مقادیر رنگ به ترتیب نشان

دهنده  $L^*$  روشنایی بوده و دامنه ای بین صفر (سیاه) تا صد (سفید) فاکتور  $a^*$  سبز (اعداد منفی) تا قرمز (اعداد مثبت) و فاکتور  $b^*$  آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) بود. فاکتور  $a$  و  $b$  برای محاسبه رنگ (بیشترین رنگ، شدت رنگ) استفاده گردید [25].

## 2-2-3- تعیین ویژگی‌های تغذیه‌ای برش‌های کیوی

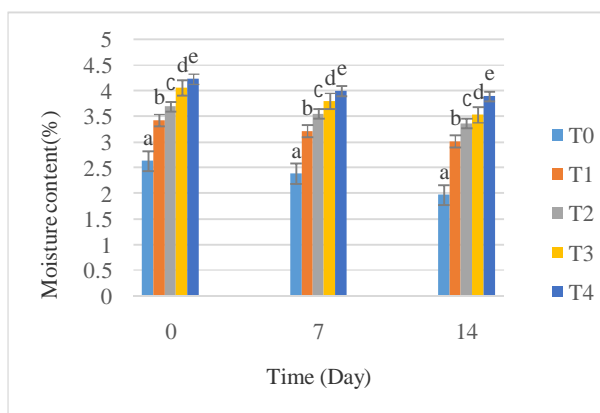
### شاهد و پوشش داده شده

تعیین میزان پروتئین با روش کلدال و مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2863 تعیین گردید. میزان آهن با روش استاندارد ملی ایران به شماره 1266 با استفاده از روش اسپکتروفتومتری در طول موج 510 نانومتر اندازه گیری شد به این پس از تبدیل کامل نمونه به خاکستر 5 سی سی و افزودن اسیدکلریدریک 1 نرمال، محلول حاصل صاف و به حجم 50 سی سی رسید. میزان 10 سی سی از محلول با 2 سی سی اسیدکلریدریک غلیظ و 1 سی سی هیدروکسیل آمین هیدروکلرید بر روی شعله قرار داده شد تا به جوش آید. پس از خنک شدن نمونه 10 سی سی استات سدیم 3/2 نرمال همراه با 2 سی سی معرف فنانترولین اضافه و محلول نهایی به حجم 50 سی سی رسید. پس از رسیدن به دمای محیط، میزان آهن موجود در نمونه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 510 نانومتر توسط منحنی کالیبراسیون فرو سولفات آمونیوم تعیین گردید [26]. جهت تعیین میزان اسید آسکوربیک، به محلول 10 درصد آسکوربیک اسید 2 گرم از هر نمونه میوه کیوی (تازه و خشک شده در دماهای مختلف) با 10 میلی مول اسید اگزالیك ترکیب شد این عمل سه مرتبه تکرار گردید در مرحله بعدی عصاره را به حجم 100 سی سی رسانده و از صافی عبور داده، سپس 5 میلی مول از عصاره نهایی گرفته شده به مدت 5 ثانیه با محلول 1 و 2 دی کلروفل-ایندوفنول تیتر گردید [27].

## 2-2-4- ارزیابی حسی برش‌های کیوی شاهد و

### پوشش داده شده

به طوری که بیشترین میزان رطوبت بافت کیوی در روز اول نمونه برداری (زمان صفر تولید) مربوط به تیمار 4 (برش کیوی حاوی پوشش خوراکی با 1/5 درصد اسپیرولینا) به میزان 4/2 درصد و کمترین میزان رطوبت بافت مربوط به نمونه شاهد (برش کیوی فاقد پوشش) با رطوبت 2/63 درصد بوده است. در روز هفتم نگهداری میزان رطوبت بافت کیوی در نمونه شاهد (برش کیوی فاقد پوشش) تعیین شد و تیمار 4 به ترتیب برابر 2/38 و 3/99 درصد بود. همچنین در روز چهاردهم نگهداری میزان رطوبت بافت در نمونه شاهد در مقایسه با سایر زمان های نگهداری کاهش (1/96 درصد) یافت. به طور کلی با افزایش درصد اسپیرولینا به عنوان ماده پوششی در فرمولاسیون پوشش دهنده برگه کیوی طی زمان نگهداری میزان رطوبت نمونه ها بطور معنی داری افزایش یافت ( $p < 0/05$ ). جذب آب را باید مهمترین ویژگی فیزیکی پروتئین ها دانست. این پدیده نه تنها بر ساختمان فیزیکی خصوصیات ماده غذایی حاوی پروتئین اثر می گذارد، بلکه از نظر ماندگاری ماده غذایی نیز به دلیل تاثیر بر فعالیت آبی بسیار حائز اهمیت است [30]. این نتایج با نتایج خزایی و همکاران (2016) که بر روی سطوح مختلف ریز جلیک اسپیرولینا بر ریز ساختار و ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی پاستیل کیوی انجام داده اند مطابقت دارد. آن ها اعلام نمودند که با افزایش درصد اسپیرولینا میزان رطوبت نمونه ها افزایش یافت [31].



**Fig 1** Effect of different coatings on kiwifruit moisture content

Values by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ); T0 (uncoated), T1 (coated without *Spirulina platensis*), T2 (coated with *Spirulina platensis* 0.5%), T3 (coated with *Spirulina platensis* 1%) T4 (coated with *Spirulina platensis* 1.5%)

در این پژوهش از 10 نفر ارزیاب حسی خانم در محدوده سنی 25-35 سال آشنا به طعم، بو، بافت و رنگ میوه کیوی استفاده شد. ویژگی های حسی محصول در روز اول و آخر نگهداری از نظر رنگ، عطر و طعم، شکل ظاهری، سفتی و پذیرش کلی با مقیاس 5 نقطه ای هدونیک ارزیابی شد. در این آزمون به نمونه خیلی خوب نمره 5، خوب 4، متوسط 3، بد 2 و خیلی بد 1 تعلق گرفت [28].

## 2-2-5- ارزیابی میکروبی برش های کیوی شاهد و پوشش داده شده

ابتدا از نمونه ها، رقت های متوالی تهیه و بر طبق استاندارد ملی شماره 5484 موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نسبت به انجام کشت پورپلیت دو لایه در محیط کشت آگار استاندارد شمارش میکروبی در پلیت و گرمخانه گذاری در 30 درجه سانتی گراد انجام شد. پس از گذشت 48 ساعت گرمخانه گذاری پلیت ها از گرمخانه خارج گردید و پلیت هایی که بین 30 تا 300 کلنی داشتند، انتخاب و کلنی های آن ها شمارش گردید تراکم میکروبی نمونه های مورد آزمایش محاسبه و ثبت گردید [1].

## 2-3- روش آماری

تحلیل داده ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. اسپیرولینا پلاتنسیس در سه سطح (0/5، 1 و 1/5 درصد) و زمان در سه سطح (0، 7، 14 روز) به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. میانگین تکرارها در قالب آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح معنی داری 5% با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه 18 مورد مقایسه قرار گرفتند. نمودار نیز با استفاده از نرم افزار Excel نسخه 2013 رسم شدند.

## 3- نتایج و بحث

### 3-1- نتایج آزمون های فیزیکوشیمیایی برش های کیوی شاهد و پوشش داده شده

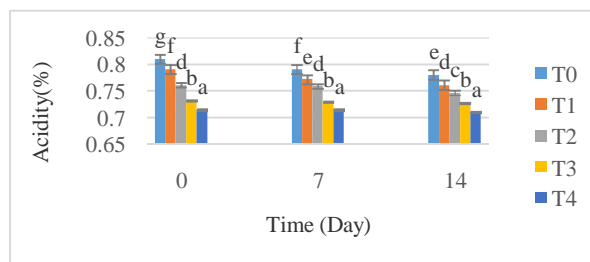
#### 3-1-1- اندازه گیری میزان رطوبت

میانگین میزان رطوبت کیوی در روز اول نمونه برداری (زمان صفر تولید) در نمونه شاهد (برش کیوی فاقد پوشش) برابر 2/63 درصد بود. در بین تیمارها با افزایش میزان درصد اسپیرولینا میزان رطوبت بافت کیوی افزایش یافت (شکل 1)؛

مطابقت دارد [24].

### 3-1-3- اندازه گیری میزان اسیدیته قابل تیترا

میزان اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی میوه در ارتباط می باشد و موجب طعم ترش در میوه ها می گردند. با رسیدن میوه میزان اسیدهای آلی کاهش می یابد. کیوی جز میوه های فرازگرا<sup>1</sup> هست. پس از برداشت قابلیت رسیدن در میوه وجود دارد در زمان رسیدن میزان اتیلن افزایش می یابد که منجر به افزایش شدت تنفس نیز می گردد. قبل از رسیدن میوه اسیدهای آلی به میزان بیشتری در میوه حضور دارند و باعث ایجاد طعم ترش می شوند اما در هنگام رسیدن با توجه به افزایش شدت تنفس، بخشی از این اسیدها تجزیه شده و از میزان آنها کاسته می شود [36-37]. با توجه به نتایج به دست آمده (شکل 3) میزان اسیدیته کل در تیمارهای مختلف و شاهد، تفاوت معنی داری در سطح 5% در طول مدت نگهداری داشته اند. میزان اسیدیته در تیمارها با افزایش مقدار اسپیرولینا پلاتنسیس نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت؛ به طوری که کمترین میزان در نمونه شاهد و بیشترین در نمونه حاوی 1/5 درصد اسپیرولینا پلاتنسیس مشاهده شد. همان طور که در نتایج pH ذکر گردید، میزان pH قلبایی اسپیرولینا پلاتنسیس عموماً سبب افزایش قابل توجه pH و کاهش قابل توجه اسیدیته محصولات مورد استفاده شده است [34-35]. در پژوهشی که لوآنا و همکاران در استفاده از پوشش اسپیرولینا پلاتنسیس برای حفاظت از انار انجام دادند گزارش کردند اسیدیته با افزایش میزان اسپیرولینا افزایش می یابد و کمترین میزان اسیدیته مربوط به نمونه شاهد است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [36].



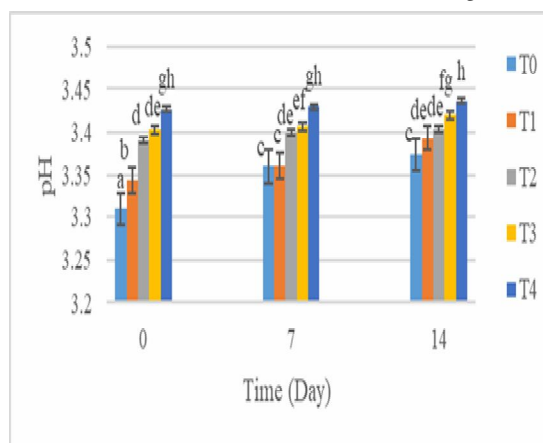
**Fig 3** Effect of different coatings on kiwifruit acidity

Values by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ); T0 (coated without *Spirulina platensis*), T2 (coated with *Spirulina platensis* 0.5%), T3 (coated with *Spirulina platensis* 1%) T4 (coated with *Spirulina platensis* 1.5%)

1. Climacteric

### 3-1-2- اندازه گیری میزان pH

میانگین میزان pH کیوی در زمان صفر تولید در نمونه شاهد (برش کیوی فاقد پوشش) برابر 3/31 بود (شکل 2). همچنین در بین تیمارها با افزایش میزان اسپیرولینا، میزان pH بافت کیوی نیز افزایش یافت. با توجه به اینکه اسپیرولینا خاصیت بافری دارد و میزان pH میوه کیوی پایین می باشد با افزایش میزان اسپیرولینا خاصیت بافری افزایش پیدا کرده و با عث افزایش میزان pH برش های کیوی می گردد. بیشترین و کمترین میزان pH بافت کیوی در روز اول تولید به ترتیب مربوط به تیمار 4 (برش کیوی حاوی پوشش خوراکی با 1/5 درصد اسپیرولینا) و نمونه شاهد به ترتیب به میزان 3/42 و 3/31 تعیین شد. در روز هفتم و چهاردهم نگهداری نیز میزان pH بافت کیوی در نمونه شاهد به ترتیب مقادیر 3/36 و 3/38 گزارش شد. اسپیرولینا پلاتنسیس با دارا بودن pH در محدوده 8-9، عموماً سبب افزایش قابل توجه pH محصولات مورد استفاده شده است. علاوه بر این، تبدیل مواد اسیدی موجود در میوه به فرآورده های قندی در حین فرآوری نیز ممکن است عامل دیگر افزایش pH باشد [2-28].

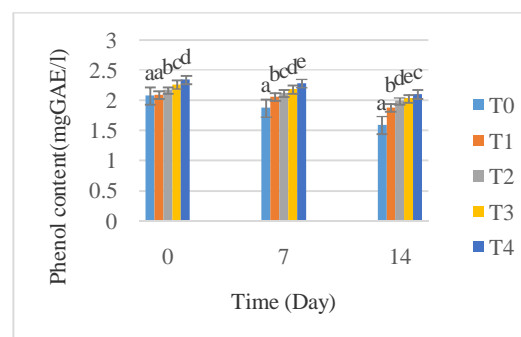


**Fig 2** Effect of different coatings on kiwifruit pH  
Values by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ); T0 (uncoated), T1 (coated without *Spirulina platensis*), T2 (coated with *Spirulina platensis* 0.5%), T3 (coated with *Spirulina platensis* 1%) T4 (coated with *Spirulina platensis* 1.5%)

در پژوهشی که کاردوسو و همکاران (2017) بر روی فیلم های تخریب پذیر با اسپیرولینا پلاتنسیس به عنوان پوشش در فلفل دلمه ای (*Capsicum sp*) انجام دادند اعلام کردند که با افزایش میزان درصد اسپیرولینا pH افزایش و با افزایش زمان نگهداری بدون تغییر می ماند که با نتایج پژوهش حاضر

## 3-1-4- اندازه‌گیری میزان فنل

با توجه به شکل 4 مشاهده می‌شود که زمان نگهداری، غلظت پوشش اسپیرولینا پلاتنسیس بر محتوای فنلی میوه کیوی اثر معنی داری داشت ( $p < 0.05$ ). تأثیر غلظت پوشش بر محتوای فنل کل نشان داد که بیشترین مقدار در تیمار 4 و کمترین مقدار در نمونه شاهد قابل مشاهده است. اعتقاد بر این است که کاهش اسیدیته قابل تیترو و اسیدهای آلی از طریق تبدیل شدن به کربوهیدرات‌ها اسکلت کربنی برای سنتز فنل را مهیا می‌کند [39]. با توجه به مقادیر قابل توجه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فنلی موجود در اسپیرولینا پلاتنسیس با افزایش میزان عصاره آن در تیمارهای مختلف روند افزایشی آن مشاهده گردید [19]. دلیل کاهش میزان ترکیبات فنلی طی زمان نگهداری را می‌توان به بسته بندی در کیسه‌های پلی اتیلنی شفاف به صورت عادی (بدون تغییر در اتمسفر) و نگهداری در دمای محیط نسبت داد. به طور کلی محتوای فنل کل در میوه‌ها و سبزی‌ها با توجه به شرایط ذخیره‌سازی افزایش یا کاهش می‌یابد [39]. کاهش ترکیبات فنلی در پایان دوره ذخیره‌سازی احتمالاً به علت شکست ساختار سلولی طی پدیده پیری در طول دوره ذخیره‌سازی است [40]. در پژوهشی که لوآنا و همکاران در استفاده از پوشش اسپیرولینا پلاتنسیس برای حفاظت از انار انجام دادند گزارش کردند که میوه‌هایی که دارای پوشش 3 و 4٪ اسپیرولینا هستند، ترکیبات فنولیک را در مقایسه با سایر پوشش‌ها و شاهد بهتر حفظ می‌کنند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [36].



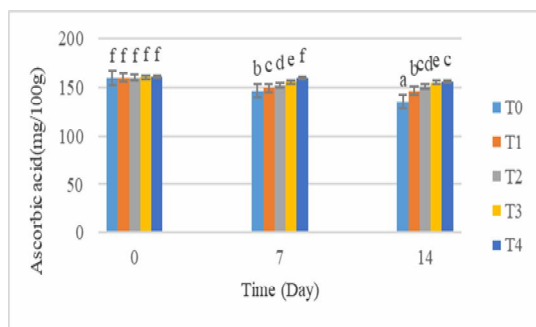
**Fig 4** Effect of different coatings on kiwifruit phenol content  
Values by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ); T0 (uncoated), T1 (coated without *Spirulina platensis*), T2 (coated with *Spirulina platensis* 0.5%), T3 (coated with *Spirulina platensis* 1%) T4 (coated with *Spirulina platensis* 1.5%)

## 3-1-5- تغییرات رنگ

رنگ از ویژگی‌های مهم کیفی موثر در پذیرش توسط مصرف کننده و نشان‌دهنده مواردی چون واکنش‌های شیمیایی، آنزیمی و رشد میکروبی است [41]. استفاده از دمای پایین فعالیت آنزیمی را کند می‌کند؛ در حالی که پوشش‌ها از قرار گرفتن در معرض اکسیژن بیش از حد محافظت می‌کنند [42]. براساس نتایج به دست آمده (شکل 5)، همه پوشش‌های بر پایه اسپیرولینا پلاتنسیس در حفظ رنگ کیوی براساس مقایسات  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  در نمونه‌های شاهد (برش کیوی فاقد پوشش) و پوشش داده شده مؤثر شناخته شدند و دارای اختلاف معنی‌دار هستند ( $p < 0.05$ ) اما زمان نگهداری اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رنگ نمونه‌ها نداشت ( $p > 0.05$ ).

پارامتر  $L^*$  معادل روشنایی، بین صفر (سیاه) تا 100 (انعکاس نور کامل) است. میزان روشنایی نمونه‌ها با افزایش میزان اسپیرولینا کاهش یافت که به دلیل افزایش شدت رنگ نمونه‌ها است. میزان تغییرات رنگ در نمونه شاهد (برش کیوی فاقد پوشش) برابر 64/43 بود که در تیمار شماره 4 تا 57/10 کاهش یافت (شکل 5a). میزان  $a^*$  که شاخص تغییر رنگ از سبز به سمت قرمز است. همانطور که در شکل 5b مشاهده می‌شود با افزایش میزان اسپیرولینا پلاتنسیس میزان  $a^*$  کاهش می‌یابد که حاکی از کاهش رنگ قرمز و افزایش رنگ سبز در نمونه‌ها است. در نمونه‌های شاهد (برش کیوی فاقد پوشش) و نمونه‌های پوشش داده شده توسط تیمار 1 (برش کیوی پوشش دار فاقد اسپیرولینا) که کمترین میزان اسپیرولینا را دارد بالاتر از سایر تیمارها می‌باشد. کمترین میزان  $a^*$  مربوط به تیمار 4 (برش کیوی حاوی پوشش خوراکی با 1/5٪ اسپیرولینا) روز چهاردهم نگهداری می‌باشد که بالاترین میزان اسپیرولینا را در بین تیمارها دارد. با افزایش میزان اسپیرولینا پلاتنسیس میزان شاخص  $b^*$  تا حدی افزایش یافت (شکل 5c). افزایش رنگ زرد نمونه‌های حاوی پوشش خوراکی نسبت به نمونه شاهد، را می‌توان ناشی از رنگ زرد و قهوه‌ای ناشی از واکنش میلارد و حضور پروتئین و قند در مجاورت یکدیگر دانست [43، 19]. خرابی و همکاران (2013) اثر سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس را بر تغییرات پارامترهای رنگی پاستیل کیوی در طی خشک کردن در خشک کن هوای داغ را مورد بررسی قرار دادند. متغیرهای خشک کردن شامل زمان و دما بود. نتایج پژوهش آنها نشان داد که با افزایش زمان خشک

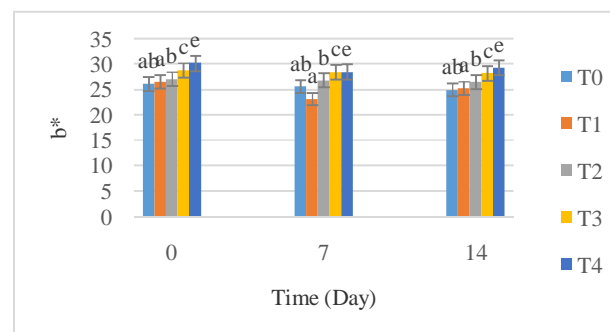
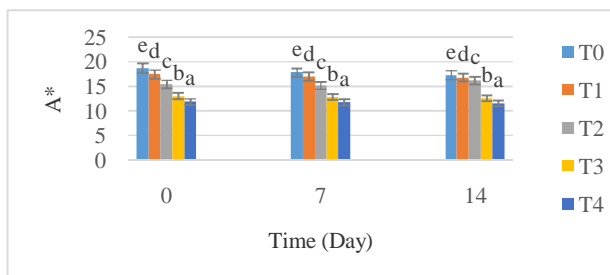
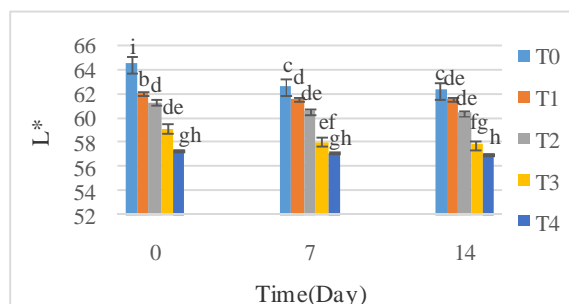
اسپیرولینا و نوع بسته بندی بر مقدار اسید آسکوربیک کیوی اثر معنی دار نشان دادند ( $p < 0.05$ ). همان طور که در شکل 5 مشاهده می شود مقدار اسید آسکوربیک زمان صفر در تمامی نمونه ها یکسان گزارش گردید. با گذشت زمان میزان آن با کاهش معنی دار همراه بود. هرچند با افزایش مقدار اسپیرولینا پلاتنسیس کاهش کمتری مشاهده گردید. بیشترین مقدار اسید آسکوربیک در تیمار 4 و کمترین مقدار اسید آسکوربیک در نمونه فاقد پوشش به ترتیب با مقادیر 156/136 (میلی گرم بر 100 گرم) و 135/681 (میلی گرم بر 100 گرم) مشاهده شد (شکل 6). اسید آسکوربیک بخشی از یک مجموعه ضد اکسیدانی در کلروپلاست است که ممکن است کلروفیل در میوه های درون بسته با کاهش اکسیداسیون اجزای کلروپلاست و اسید آسکوربیک کاهش یابد. کاهش میزان اسید آسکوربیک در طی زمان را می توان به اکسیداسیون آن در بسته بندی بدون تغییر در اتمسفر و نگهداری در دمای محیط نسبت داد [26]. به طور کلی، میزان اسید آسکوربیک همزمان با تخریب میوه ها کاهش می یابد [39]. فرایند اکسیداتیو عامل اصلی تخریب اسید آسکوربیک در میوه ها عنوان شده است. این فرایند در حضور نور، اکسیژن، حرارت و آنزیم ها سرعت بیشتری پیدا می کند [46]. لوآنا و همکاران در سال 2020 اعلام کردند که میزان اسکوربیک اسید در دانه های انار پوشش داده شده با اسپیرولینا با افزایش درصد اسپیرولینا افزایش می یابد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. [36]



**Fig 6** Effect of different coatings on kiwifruit ascorbic acid content

Values by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ); T0 (uncoated), T1 (coated without *Spirulina platensis*), T2 (coated with *Spirulina platensis* 0.5%), T3 (coated with *Spirulina platensis* 1%) T4 (coated with *Spirulina platensis* 1.5%)

کردن، پارامترهای رنگی  $L^*$  کاهش یافت اما  $a^*$  روند افزایشی داشت که با پژوهش حاضر همخوانی دارد [14].



**Fig 5** Effect of different coatings on kiwifruit color changes; a)  $L^*$ , b)  $A^*$  c)  $B^*$

Values by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ); T0 (uncoated), T1 (coated without *Spirulina platensis*), T2 (coated with *Spirulina platensis* 0.5%), T3 (coated with *Spirulina platensis* 1%) T4 (coated with *Spirulina platensis* 1.5%)

### 3-2- نتایج ارزیابی تغذیه ای برش های کیوی

شاهد و پوشش داده شده

#### 3-2-1- اندازه گیری میزان اسید آسکوربیک

شکل 6 تأثیر زمان نگهداری، غلظت پوشش اسپیرولینا و نوع بسته بندی را بر مقدار اسید آسکوربیک میوه کیوی نشان می دهد. تحقیقات نشان داده است که میوه کیوی از منابع خوب ویتامین C است [38]. زمان نگهداری، غلظت پوشش



## 3-2-2- اندازه گیری میزان پروتئین

بر اساس نتایج به دست آمده (جدول 2) با افزایش غلظت اسپیرولینا پلاتنسیس تغییر معنی داری در میزان پروتئین مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). کمترین میزان پروتئین مربوط به نمونه شاهد بود. تیمار 1 (نمونه فاقد اسپیرولینا پلاتنسیس) به دلیل حضور ژلاتین دارای مقدار پروتئین قابل توجهی نسبت به نمونه شاهد بود و پس از آن با افزایش میزان اسپیرولینا پلاتنسیس میزان پروتئین به ترتیب از تیمار 2 به 4 با اختلاف معنی داری افزایش یافته است ( $p < 0/05$ ). اسپیرولینا به دلیل بالا بودن کیفیت پروتئین (حاوی تمام اسیدهای آمینه ضروری و 18 اسیدآمینه از کل 20 اسیدآمینه موجود در پروتئین ها و

قابلیت جذب بالای آن ها) می تواند نقش مهمی در تغذیه انسان ایفا نماید. اسپیرولینا شامل مقادیر تقریباً متعادلی پروتئین (شامل هشت اسیدآمینه اصلی) بوده، به راحتی هضم شده و به سرعت احساس گرسنگی را برطرف می کند. بجز متیونین و سیستئین که تا حدودی کمتر از مقدار استاندارد می باشند، دیگر اسیدآمینه های ضروری به مقدار کافی در اسپیرولینا وجود دارند [47]. افزایش تقریباً سه برابری میزان پروتئین تیمار 4 نسبت به نمونه شاهد می تواند در بحث تغذیه به خصوص در افرادی که کمبود پروتئین دارند و یا کودکان در سن رشد مورد توجه قرار گیرد.

Table 2 Determination of protein content on different coatings of kiwi fruit

Samples	Time (0 Day)	Time(7 <sup>th</sup> Day)	Time(14 <sup>th</sup> Day)
T0	0.80±0.1 <sup>a</sup>	0.80±0.1 <sup>a</sup>	0.80±0.1 <sup>a</sup>
T1	1.30±0.1 <sup>b</sup>	1.30±0.1 <sup>b</sup>	1.30±0.1 <sup>b</sup>
T2	1.75±0.1 <sup>c</sup>	1.75±0.1 <sup>c</sup>	1.75±0.1 <sup>c</sup>
T3	1.95±0.1 <sup>d</sup>	1.95±0.1 <sup>d</sup>	1.95±0.1 <sup>d</sup>
T4	2.20±0.1 <sup>e</sup>	2.20±0.1 <sup>e</sup>	2.20±0.1 <sup>e</sup>

Values by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ); T0 (uncoated), T1 (coated without *Spirulina platensis*), T2 (coated with *Spirulina platensis* 0.5%), T3 (coated with *Spirulina platensis* 1%) T4 (coated with *Spirulina platensis* 1.5%)

## 3-2-3- اندازه گیری میزان آهن

نتایج به دست آمده از اندازه گیری آهن موجود در نمونه شاهد و سایر تیمارها (جدول 3) نشان داد که میزان آهن در نمونه شاهد (برش کیوی فاقد پوشش) در هر سه روز برابر ppm 2/1 می باشد. در سایر تیمارها با افزایش میزان اسپیرولینا پلاتنسیس همزمان میزان آهن افزایش یافت؛ به طوری که در تیمار 4 با 1/5 درصد اسپیرولینا بیشترین میزان آهن معادل ppm 2/7 را دارا بود. همچنین بین تیمارها با نمونه شاهد و با یکدیگر اختلاف معنی دار مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). از آنجایی

که اسپیرولینا پلاتنسیس منبع غنی از آهن است و هر 100 گرم از پودر آن حاوی 84 میلی گرم آهن تعیین شده است. بر خلاف دیواره سلولزی سایر گیاهان و جلبک های تغذیه ای که مانعی برای جذب مواد معدنی و مغذی آن ها است، دیواره های سلولی اسپیرولینا پلاتنسیس موکوپروتئینی بوده، به راحتی هضم می شوند. این ویژگی باعث شده تا این ریزجلبک ماده غذایی مناسبی برای افراد مسن و یا بیماران مبتلا به جذب روده ای ضعیف باشد [49,48].

Table 3. Determination of iron content on different coatings of kiwi fruit

Samples	Time (0 Day)	Time(7 <sup>th</sup> Day)	Time(14 <sup>th</sup> Day)
T0	2.10±0.08 <sup>a</sup>	2.10±0.08 <sup>a</sup>	2.10±0.08 <sup>a</sup>
T1	2.35±0.09 <sup>b</sup>	2.35±0.09 <sup>b</sup>	2.35±0.09 <sup>b</sup>
T2	2.50±0.09 <sup>c</sup>	2.51±0.09 <sup>c</sup>	2.50±0.09 <sup>c</sup>
T3	2.65±0.09 <sup>d</sup>	2.65±0.09 <sup>d</sup>	2.65±0.09 <sup>d</sup>
T4	2.80±0.09 <sup>e</sup>	2.80±0.09 <sup>e</sup>	2.80±0.09 <sup>e</sup>

Values by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ); T0 (uncoated), T1 (coated without *Spirulina platensis*), T2 (coated with *Spirulina platensis* 0.5%), T3 (coated with *Spirulina platensis* 1%) T4 (coated with *Spirulina platensis* 1.5%)

### 3-3- نتایج ارزیابی حسی برش‌های کیوی

#### شاهد و پوشش داده شده

با توجه به جدول 4 دیده می‌شود که زمان نگهداری و غلظت پوشش اسپیرولینا به طور معنی داری روی ویژگی های حسی میوه کیوی اثر داشته است. بررسی نتایج بافت میوه کیوی که توسط داوران حسی انجام گرفت، مشاهده شد که زمان بر بافت میوه کیوی اثر معنی داری دارد. کمترین امتیاز به نمونه شاهد و تیمارهای 1 و 4 داده شد و در بین آنها اختلاف معنی داری مشاهده نشد ( $p>0.05$ ). تیمارهای 2 و 3 نسبت به نمونه‌های پیشین اختلاف معنی دار دارند ( $p<0.05$ ). بررسی نتایج رنگ میوه بررسی نتایج رنگ میوه کیوی که توسط داوران حسی انجام گرفت، در ابتدا در درصد های کمتر اسپیرولینا رنگ بهبود یافت اما در تیمار 4 که درصد بالاتری از اسپیرولینا را دارد کمترین کیفیت رنگی را داشت. نتایج ارزیابی حسی در مورد فاکتورهای طعم و بو نیز بیانگر امتیاز پایین ارزیابی برای

نمونه‌های شاهد و تیمار 4 بدون اختلاف معنی دار با یکدیگر بود ( $p>0.05$ ). بهترین امتیاز به دست آمده در این بررسی مربوط به تیمار 3 ارزیابی گردید. در مورد شاخص حسی پذیرش کلی محصول نیز بین شاهد، تیمارهای 1 و 4 با کمترین میزان پذیرش اختلاف معنی داری وجود ندارد ( $p>0.05$ ) و تیمارهای 2 و 3 با مقبولیت بهتر در جایگاه بعدی بدون اختلاف معنی دار با یکدیگر می‌باشند ( $p>0.05$ ). به طور کلی افزایش میزان اسپیرولینا پلاتنسیس تا 1% در ارزیابی حسی نسبت به سایر مقادیر بیشتر مورد رضایت مصرف‌کنندگان را فراهم کرد. در پژوهشی که فردکی و همکاران (2010)، به کارگیری اسپیرولینا ماکسیما باعث بهبود پارامترهای کیفی و افزایش سختی نمونه های کیوی گردید. و طبق نتایج ارزیابی حسی برخی نمونه های غنی شده، پذیرش کلی بهتری نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد ریز جلبک) داشتند [51].

**Table 4** Comparison sensory evaluation of different coatings of kiwi fruit

Samples	General acceptance	Texture	colour	Flavor	Odour
T0	2.60±0.08 <sup>a</sup>	2/40±0.07 <sup>a</sup>	2/80±0.08 <sup>a</sup>	2/53±0.08 <sup>a</sup>	2/80±0.08 <sup>a</sup>
T1	3.00±0.08 <sup>b</sup>	2/67±0.08 <sup>a</sup>	3/47±0.08 <sup>b</sup>	3/00±0.08 <sup>ab</sup>	3/23±0.08 <sup>b</sup>
T2	3/60±0.09 <sup>c</sup>	3/07±0.10 <sup>b</sup>	3/53±0.08 <sup>b</sup>	3/40±0.08 <sup>bc</sup>	2/73±0.08 <sup>c</sup>
T3	3/80±0.09 <sup>c</sup>	3/33±0.10 <sup>b</sup>	3/72±0.08 <sup>b</sup>	3/73±0.08 <sup>c</sup>	3/93±0.08 <sup>d</sup>
T4	2/67±0.08 <sup>ab</sup>	2/53±0.08 <sup>a</sup>	2/73±0.08 <sup>a</sup>	2/80±0.08 <sup>a</sup>	2/93±0.08 <sup>a</sup>

Values by different letters are significantly different ( $p<0.05$ ); T0 (uncoated), T1 (coated without *Spirulina platensis*), T2 (coated with *Spirulina platensis* 0.5%), T3 (coated with *Spirulina platensis* 1%) T4 (coated with *Spirulina platensis* 1.5%)

### 3-4- نتایج ارزیابی میکروبی برش‌های کیوی

#### شاهد و پوشش داده شده

شمارش کپک و مخمر برای تمامی تیمارها طی دوره نگهداری صفر بود و هیچ نمونه کپک و مخمر مشاهده نگردید. نتایج شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی در جدول 5 مشاهده می‌شود. تیمارهای پوشش داده شده در مقایسه با شاهد بهتر توانستند رشد ریز زنده‌ها را کنترل کنند. در طول دوره نگهداری، باکتری‌های مزوفیل هوازی در نمونه‌های تیمار شده

هیچ گونه رشدی مشاهده نگردید. طی زمان نگهداری تنها تیمارهای 3 و 4 فاقد رشد بودند. در نمونه شاهد بیشترین میزان رشد باکتری‌های مزوفیل هوازی مشاهده شد که اختلاف چندانی با پوشش خوراکی فاقد اسپیرولینا پلاتنسیس نداشتند. نتایج نشان داد با افزایش میزان اسپیرولینا پلاتنسیس میزان رشد ریززنده‌ها تا حد زیادی کاهش می‌یابد که این پدیده را می‌توان به دلیل وجود ترکیبات بازدارنده رشد ریززنده‌ها از جمله ترکیبات فنلی و ضد اکسیدانی دانست [45].

**Table 5** Comparison Microbial evaluation of different coatings of kiwi fruit

Samples	Storage time (day)		
	0	7 <sup>th</sup>	14 <sup>th</sup>
T <sub>0</sub>	0.00 ***	8.50***	38.50**
T <sub>1</sub>	0.00 ***	6.50**	37.50**
T <sub>2</sub>	0.00 ***	4.50**	25.00**
T <sub>3</sub>	0.00 ***	0.00 ***	0.00 ***
T <sub>4</sub>	0.00 ***	0.00 ***	0.00 ***

\*Significant at 5% ( $p < 0.05$ ), \*\*Significant at 1% ( $p < 0.01$ ), \*\*\*Significant at 0.1% ( $p < 0.001$ ), n: not significant.

Values by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ); T<sub>0</sub> (uncoated), T<sub>1</sub> (coated without *Spirulina platensis*), T<sub>2</sub> (coated with *Spirulina platensis* 0.5%), T<sub>3</sub> (coated with *Spirulina platensis* 1%) T<sub>4</sub> (coated with *Spirulina platensis* 1.5%)

#### 4- نتیجه گیری

هدف از این پژوهش، استفاده از پوشش‌های خوراکی ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به منظور بررسی ویژگی‌های مختلف برگه خشک شده میوه کیوی بود. نتایج نشان داد که این نوع پوشش خوراکی، در کاهش بار میکروبی و افزایش ارزش غذایی مفید بوده و همسو با ذائقه مصرف‌کنندگان است. همچنین مشخص شد که استفاده همزمان از ژلاتین و کیتوزان در پوشش خوراکی، اثر سینرژیستی بر روی حفظ خصوصیات کیفی برش‌های کیوی دارد. به‌طور کلی، نمونه پوشش داده شده با 1/5 درصد اسپیرولینا پلاتنسیس بهترین خصوصیات شیمیایی، تغذیه‌ای و میکروبی و نمونه حاوی 1 درصد اسپیرولینا پلاتنسیس بهترین نتیجه ارزیابی حسی را نشان دادند. از آنجایی که پذیرش مصرف‌کنندگان و تداوم استفاده محصول توسط آن‌ها غیرقابل انکار است. نتایج این پژوهش نشان داد که ترکیب کیتوزان، ژلاتین و اسپیرولینا پلاتنسیس 1 درصد به عنوان پوشش خوراکی، قابلیت آن را دارد محصول جدید کیوی آماده مصرف را با بهبود خصوصیات تغذیه‌ای و میکروبی به بازار مصرف ارائه نماید.

#### 5- منابع

- [2] Vyssoulis, G.P., Karpanou, E.A., Papavassiliou, M.V., Belegrios, D.A., and Giannakopoulou, A., 2001,. Side effects of antihypertensive treatment with ACE inhibitors. *American journal of hypertension*, 14(4): 114-125.
- [3] Fiorentino, A., Mastellone, C., D'Abrosca, B., Pacifico, S., Scognamiglio, M., Cefarelli, G., Caputo, R. and Monaco, P., 2009.  $\delta$ -Tocomonoenol: A new vitamin E from kiwi (*Actinidia chinensis*) fruits. *Food Chemistry*, 115(1), pp.187-192.
- [4] Goula, A.M. and Adamopoulos, K.G., 2011. Rheological models of kiwifruit juice for processing applications. *Journal of Food Processing and Technology*, 2(1).
- [5] Lepinard, A. R. Bambicha, R. R. and Mascheroni, R. H. 2012. Quality parameters assessment in kiwi jam during pasteurization. Modelling and optimization of the thermal process. *Food and bioproducts processing*, 90: 799-808.
- [6] Sarvaiya, J. and Agrawal, Y.K., 2015. Chitosan as a suitable nanocarrier material for anti-Alzheimer drug delivery. *International journal of biological macromolecules*, 72, pp.454-465.
- [7] Feliziani, E. Landi, L. Romanazzi, G. 2015. Preharvest treatments with chitosan and other alternatives to conventional fungicides to control postharvest decay of strawberry. *Carbohydrate Polymers* 5(132): 111-117.
- [8] Choi, S.S. and Regenstien, J.M., 2000. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. *Journal of Food Science*, 65(2), pp.194-199.
- [9] Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible protective films. In
- [1] Batista, A.P., Nunes, M.C., Fradinho, P., Gouveia, L., Sousa, I., Raymundo, A. and Franco, J.M., 2012. Novel foods with microalgal ingredients–Effect of gel setting conditions on the linear viscoelasticity of *Spirulina* and *Haematococcus* gels. *Journal of food engineering*, 110(2), pp.182-189.

- color parameters and Overall acceptability of kiwi puree-based fruit pastille. *Journal of Food Science & Technology*, 1; 12-8.
- [19] Mohebbi M, Hasanpour N, Ansarifar E, Amiryousefi MR. 2014. Physicochemical properties of bell pepper and kinetics of its color change influenced by Aloe vera and gum tragacanth coatings during storage at different temperatures. *Journal of food processing and preservation*; 38(2):684-93
- [20] Shaw NB, Monahan FJ, O'riordan ED, O'sullivan M. 2002 Effect of soya oil and glycerol on physical properties of composite WPI films. *Journal of Food Engineering*. 51(4):299-304.
- [21] Guiné RP, Ferreira DM, Barroca MJ, Gonçalves FM. 2007. Study of the drying kinetics of solar-dried pears. *Biosystems Engineering*. 1; 98(4):422-9.
- [22] National Iranian Standard, No. 672, Dehydrated- Measuring Moisture Content- Test Properties and Methods, First Revision., 2015
- [23] Fattahi-Moghadam, J, Kia Eshkevarian M M, Khazaiepol YG. 2014. Determination of harvesting time index of Kiwifruit cv. Hayward in central area of Mazandaran province. *Journal of Plant Production Researches* 21(2): 1-23..
- [24] Cardoso T, Demiate IM, Danesi ED. 2017. Biodegradable Films with *Spirulina platensis* as Coating for Cambuci Peppers (*Capsicum* sp.). *American Journal of Food Technology*; 12:236-44.
- [25] VeigaSantos P, Ditchfield C, Tadini CC. 2011. Development and evaluation of a novel pH indicator biodegradable film based on cassava starch. *Journal of Applied Polymer Science*. 120(2):1069-79.
- [26] National Standards, Nos. 2863 and 9266, Standard and Industrial Research Institute of Iran.
- [27] Azarakhsh N, Osman A, Ghazali HM, Tan CP, Adzahan NM. 2014 Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 1; 88:1-7.
- [28] Moskowitz HR, Beckley JH, Mathlouthi, M. (Ed.), *Food packaging and preservation*, p. 371-394.
- [10] Corbo, M.R., Speranza, B., Campaniello, D., D'Amato, D., Sinigaglia, M., 2010. "Fresh-cut fruits preservation: current status and emerging technologies". *Microbial Biotechnology*, 1143-1154.
- [11] Gouveia, L., Batista, A.P., Raymundo, A., Bandarra, N.M., 2008b, *Spirulina maxima* and *Diacronema vlkianum* microalgae in vegetable gelled desserts. *Nutrition and Food Science* 38: 492-501.
- [12] Chronakis, I.S., 2001, Gelation of edible blue-green algae protein isolates (*Spirulina platensis*): Thermal transitions, rheological properties, and molecular forces involved. *Bioresource Technoogyl*, 77: 19-24.
- [13] Fradique, M., Batista, A.P., Nunes, M.C., Gouveia, L., Bandarra, N.M., Raymundo, A., 2010, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass incorporation in pasta products. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90: 1656-1664.
- [14] Khazaiy Pool, E., Shahidi, F., Mortazavi, S, A., Mohebbi, M., Azizpour, M. 2013. Examination of the Effect of *Spirulina platensis* Microalgae on Drying Kinetics and the Color Change of Kiwifruit Pastille. *1st International eConference on Novel Food Processing* (IECFP2013).
- [15] Mansoororgani, Honesty and Hosseini, 2018. Investigation of the effect of edible coating (Aloe vera gel) and type of packaging on kiwi quality of Hayward cultivar. *Iranian Food Science and Technology*, 15 (82), pp.437-450.
- [16] Hassani Fatemeh, Javanmard Dakhli Majid and Grossi Farzaneh, 2010 A study of the shelf life of kiwi fruit covered with whey protein protein and rice bran oil. *Iranian Food Science and Technology*, Research Journal Vol. 6, No. 3, Fall, 2010, p. 158-167
- [17] Chien PJ, Sheu F, Yang FH. 2007 Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of food engineering*. 1; 78(1):225-9.
- [18] Shahidi F, Mortazavi SA, Mohebbi M. 2015 The effect of different levels of *Spirulina Platensis* microalgae and agar and guar hydrocolloids on water activity, texture,

- [38] Singleton V.L., Orthofer R., and Lamuela-Raventos M.R. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Oxidants and antioxidants*, PT. *Methods of Enzymology*, 299: 152–178.
- [39] Mansourgrani, honesty, Nasser, Hosseini. 2018. Effect of edible coating (Aloe vera gel) and type of packaging on kiwi quality of Hayward cultivar. *Iranian Food Science and Technology*. 10; 15 (82): 437-50.
- [40] Marin, A., F. Ferreres, G.G. Barbera and M.I. Gil, 2015. Weather variability influences color and phenolic content of pigmented baby leaf lettuces throughout the season. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*., 63: 1673-1681.
- [41] Hedayati, S. and Niakousari, M., 2015. Effect of Coatings of Silver Nanoparticles and Gum Arabic on Physicochemical and Microbial Properties of Green Bell Pepper ( *Capsicum annuum*). *Journal of food processing and preservation*, 39(6), pp.2001-2007.
- [42] Hasani, Fatemeh, javanmard dakheli, majid, grusi, farzaneh, 2009, Investigation on the shelf life of kiwifruit coated with whey protein concentrate and rice bran oil, *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 6(3), pp. 158- 167.
- [43] Nishiyama, I, Yamashita, Y, Yamanaka, M, Shimohashi, A, Fukuda, T, Oota, T, 2004, Varietal difference in vitamin C content in the fruit of kiwifruit and other Actinidia species, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(17), pp.5472-5475.
- [44] Lee, S.K, Kader, A.A, 2000, Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops, *Postharvest biology and technology*, 20(3), pp.207-220
- [45] Sonti, S., 2003. Consumer perception and application of edible coatings on fresh-cut fruits and vegetables.
- [46] Bal, E, Celik, S, 2010, The effects of postharvest treatments of salicylic acid and potassium permanganate on the storage of kiwifruit, *Bulg. Journal of Agriculture Science*. 16(2), pp.576- 584.
- [47] Gershwin, M.E and Belay A, Eds. 2008. *Spirulina in Human Nutrition and Health*. Resurreccion AV. 2012 *Sensory and consumer research in food product design and development*. John Wiley & Sons;
- [29] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 2002. National Standard No. 5484, Milk and its Products - Method of Counting Colonies of Microorganisms at 30 degrees Celsius
- [30] Colzato, M., Scramin, J.A., Forato, L.A., Colnago, L.A. and Assis, O.B.G., 2011. 1h nmr investigation of oil oxidation in macadamia nuts coated with zein based films. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), pp.790-796.
- [31] Khazaei Pool Ismail, Shahidi Fakhri, Mortazavi Seyed Ali, Mohebbi Mohabbat. 2016 Investigation of different levels of *Spirulina platensis* microalgae on the microstructure and sensorimotor physico-chemical structure and properties. *Iranian Journal of Food Science and Technology Research*, 12(1), pp.21-33
- [32] Fatemi, h. 2008, *Food Chemistry*, Tehran Publishing Joint Stock Company.
- [33] Meidani JV, Hashemi Dezfouli A. 1997 *Postharvest physiology*. Tehran: *Agricultural Research, Education & Extension Organization publication*. [in Persian]
- [34] Cong, F., Y. Zhang and W. Dong. 2007. Use of surface coatings with natamycin to improve the storability of Hami melon at ambient temperature. *Postharvest Biology and Technology* 46: 71–75.
- [35] Batista, A.P., Gouveia, L., Nunes, M.C., Franco, J.M., and Raymundo, A. 2007b. Microalgae biomass as a novel functional ingredient in mixed gel systems. In *Gums and Stabilisers for the Food Industry – 14th Edition*. Eds. P.A. Williams, G.O. Phillips. Royal Society of Chemistry.
- [36] de Oliveira LM, de Oliveira ÁM, Araújo RH, Dias GA, de Medeiros Teodósio AE, de Lima JF, da Silva Barbosa L, Guedes WA. *Spirulina platensis* coating for the conservation of pomegranate. *AIMS Agriculture and Food*. 2020 Jan 8;5(1):76.
- [37] Bahrami, F. And Javanmard, M, 2010, Durability of Whey Protein Coated Slices in Cold Conditions. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 5 (2), 53-62.

- London New York *CRC Press*.
- [50] Richmond, A. 1992. Mass culture of cyanobacteria. In: Mann, N., Carr, N., Eds. *PHotosynthetic prokaryotes*. 2nd ed); *Plenum Press*, New York and London, 181-210.
- [51] OZ, A.T. & Ulukanl, Z. 2012. Application of edible of strach-based coating including glycerol plus oleum nigella on arils from long-stored whole pomegranate fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36, 81-95.
- Boca Raton: Taylor and Francis group  
London New York *CRC Press*, 3: 51-71.
- [48] Ciferri, O. 1983. Spirulina, the edible microorganism, *Microbial. Review*, 47:551-578. Feldheim, W. 1972. Studies on use of microalgae in human nutrition. Nutrition tests with algae containing diets in Thailand. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 42, 600-606.
- [49] Gershwin, M.E and Belay A, Eds. 2008. *Spirulina in Human Nutrition and Health*. Boca Raton: Taylor and Francis group

## The Effect of Edible Coating Containing *Spirulina platensis*, Chitosan and Gelatin on Physicochemical, Sensory and Nutritional Properties of Dried Kiwifruit

Asadi, S. Z.<sup>1</sup>, Beigmohammadi, Z.<sup>2\*</sup>, Mirmajidi Hashtjin, A.<sup>3</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Department of Food Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3. Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(Received: 2020/03/09 Accepted:2020/05/02)

In recent years there has been extensive research into the use of edible coatings in food packaging. Today, the use of edible coatings has increased due to consumers' desire to purchase products that maintain their freshness. In this research, edible coating based on different percentages of *Spirulina platensis* (0.5-1.5%) with constant percentages of gelatin powder (2%), chitosan powder (1%), and glycerol as lubricants was used. Physicochemical properties such as moisture content, pH, Acidity, color, total phenol, nutritional properties such as protein content, iron content and ascorbic acid content, sensory evaluation and microbial characteristics of control and other treatments were evaluated at days 0, 7 and 14 after production. The results of chemical tests showed the moisture content, acidity, phenol level were increased with increasing of *Spirulina platensis* in different treatments. The results of colorimetric analysis also showed that by increasing the percentage of *spirulina* the transparency of treatments decreased. The results of nutritional evaluation showed that there was a significant difference in protein, iron and ascorbic acid levels with increasing of *Spirulina platensis* ( $p < 0.05$ ). Increasing the amount of *spirulina platensis* was effective on the microbial growth as well as the taste and color of the treatments, which was diagnosed by sensory evaluation.

**Keywords:** Edible coating, *Spirulina platensis*, Gelatin, Chitosan, Kiwifruit, Sensory evaluation, Ascorbic acid

---

\* Corresponding Author Email Address: Beigmohammadi.zahra@gmail.com