بررسی اثر سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina platensis*) و هیدروکلوئیدهای آگار و گوار روی فعالیت آب، بافت، پارامترهای رنگی و پذیرش کلی پاستیل میوه ای بر پایه پوره کیوی

اسماعیل خزایی پول[1]، فخری شهیدی[2]*، سید علی مرتضوی[3]، محبت محبی[4]

١- کارشناسی ارشد، مشهد، دانشگاه فردوسی، گروه علوم و صنایع غذایی
٢- استاد، دانشگاه فردوسی، گروه علوم و صنایع غذایی
٣- استاد، مشهد، دانشگاه فردوسی، گروه علوم و صنایع غذایی
٤- دانشیار، مشهد، دانشگاه فردوسی، گروه علوم و صنایع غذایی
(تاریخ دریافت: ٩١/٨/١٦ تاریخ پذیرش: ٩٢/٣/٨)

چکیده

ایران چهارمین تولید کننده عمده کیوی در دنیا می باشد اما ضایعات پس از برداشت این میوه ارزشمند بسیار بالاست. از طرفی ریزجلبک ها منابع مغذی طبیعی و فوق العاده ای هستند که می توانند در تولید مواد غذایی عملگر مورد استفاده قرار بگیرند. هدف از این پژوهش فرمولاسیون فراورده ای نوین و ماندگار بر پایه کیوی و غنی سازی آن با ریز جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* و همچنین بررسی برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی این فراورده بود. در این پژوهش اثر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در چهار سطح (٠، ٠/٢٥، ٠/٥ و ١درصد)، هیدروکلوئیدهای آگار در سه سطح (٠/٢٥، ٠/٥، ١ درصد) و گوار در سه سطح (٠/٢٥، ٠/٥ و ١درصد) بر روی میزان فعالیت آب، ویژگی بافتی صمغی بودن و پارامترهای رنگی پاستیل میوه ای بر پایه پوره کیوی مورد بررسی قرار گرفت. بهترین نمونه به لحاظ پذیرش کلی انتخاب شد و ویژگی های تغذیه ای آن از جمله میزان ویتامین C، خاکستر تام، پروتئین، چربی، فیبر، عناصر آهن و کلسیم اندازه گیری شد. طبق نتایج اثر هر سه متغیر (اسپیرولینا، آگار و گوار) روی فعالیت آب نمونه ها معنی دار بود. همچنین نتایج رنگ سنجی به روش پردازش تصویر نشان داد اثر آگار و گوار روی پارامترهای رنگی L*، a* و b* معنی دار نبود اما اثر اسپیرولینا روی پارامترهای رنگی معنی دار گردید. نتایج آنالیز بافت نشان داد که آگار و اسپیرولینا روی صمغی بودن بافت نمونه ها اثر معنی داری دارند. طبق نتایج آنالیز حسی نمونه حاوی ٠/٢٥ درصد اسپیرولینا، ٠/٢٥ درصد آگار و ١ درصد گوار دارای بالاترین امتیاز پذیرش کلی بود.

کلید واژگان: آگار، *اسپیرولینا پلاتنسیس*، پاستیل کیوی، پارامترهای رنگی، صمغی بودن بافت، گوار

* مسئول مکاتبات: Fshahidi@um.ac.ir.

۱- مقدمه

ریزجلبک ها[1] منابع مغذی جایگزین و جدید از مواد طبیعی هستند که می توانند در توسعه مواد غذایی جدید مورد استفاده قرار بگیرند. ترکیبات فعال بیولوژیکی به طور طبیعی۱- درون سلول ریزجلبک ها محصور شده اند و قادر به مقاومت در برابر شرایط سخت تکنولوژیکی در فرایند های غذایی می باشند [۱]. در میان گونه های شناخته شده جلبک ها *کلرلا ولگاریس*[2] و *اسپیرولینا پلاتنسیس*[3] ریزجلبک های خوراکی رایج و بدون عوارض جانبی می باشند. الگوی اسیدآمینه، کربوهیدرات ها و اسید چرب های موجود در این ریزجلبک ها بسیار منطبق با مواد غذایی دیگر هستند [۲]. اسپیرولینا از جمله ریزجلبک های چند سلولی و رشته ای سبز-آبی است[۳] و بعد از تأیید سازمان غذا دارو[4]، به عنوان GRAS[5] معرفی گردید[٤]. ارزش اسپیرولینا به علت هضم آسان ناشی از فقدان سلولز در دیواره سلولی است[۵] و میزان اسید نوکلئیک آن کمتر از پنج درصد است که از سایر ریزجلبک ها مانند *کلرلا* و *سندموس* کمتر می باشد [٦]. اسپیرولینا تمامی اسید آمینه های ضروری را داشته و ارزش زیستی بالایی دارد[۵،۷،٦].

کیوی با نام علمی *اکتینیدیا دلیسیوسا*[6] از میوه های متعلق به خانواده اکتینیدیاسه[7] می‌باشد. ایران چهارمین تولیدکننده عمده کیوی در دنیاست[۸] و بر اساس تحقیقات به عمل آمده در سازمان جهانی غذا، کیوی چهارمین میوه مورد علاقه مردم دنیاست [۹]. کیوی به دلیل میزان اسید آسکوربیک و ترکیبات آنتی اکسیدان از جمله کارتنوئیدها و لوتئین، میوه ای با ارزش تغذیه ای بالا محسوب می گردد [۱۰]. کیوی دارای بافت نسبتا نرم و میزان رطوبت بالا است و مدت کوتاهی از سال (٤- ۳ ماه از سال) به صورت تازه در دسترس می باشد و عمدتا به مصرف تازه خوری می رسد. با این وجود به دلیل میزان بالای محتوای رطوبتی (بیش از ۸۰ درصد وزن مرطوب) استفاده از فرآیندهای نگهداری به منظور افزایش زمان ماندگاری آن ضروری به نظر می رسد[۱۰]. میزان ضایعات پس از برداشت این میوه ۳۳- ۲٤ درصد اعلام گردیده است. همچنین حدود ٦۰ درصد از میوه های تولید شده ریز و مقدار قابل توجهی از آن بد شکل و ضرب دیده می باشد [۱۱]، بنابراین می توان با تبدیل کیوی به فراورده های نوین ضمن افزایش ارزش افزوده تا حدودی از ضایعات آن جلوگیری نمود.

هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون تنقلات میوه ای برای ایجاد بافت جدید، افزایش پایداری به دلیل قابلیت نگهداری آب، بهبود بافت، تاثیر بر رهاسازی طعم و سایر ویژگی های ساختاری و حسی در فراورده موردنظر مورد استفاده قرار می گیرند[۱۲]. آگار هیدروکلوئیدی ژل دهنده است که از جلبک های قرمز استخراج می گردد. آگار شامل دو گروه پلی ساکارید آگارز و آگاروپکتین است. آگارز ترکیب دارای خاصیت ژل کنندگی و پلی ساکارید خنثی (غیریونی) است و آگاروپکتین پلی ساکارید غیرژله ای یونیک (باردار) است [۱۳]. صمغ گوار از نظر ساختار شیمیایی نوعی گالاکتومانان بلند زنجیر با جرم مولکولی زیاد می باشد که از آندوسپرم گیاه گوار بدست می آید [۱٤]. گالاکتومانان ها مانند صمغ گوار و صمغ لوبیای لوکاست می توانند با تعدادی از پلی ساکاریدها نظیر زانتان، آگار و کاراگینان برهمکنش سینرژیستی[8]، که شامل افزایش ویسکوزیته یا افزایش قدرت تشکیل ژل است، نشان دهند. این نوع رفتار سینرژیستی میان پلی ساکاریدها به لحاظ تجاری دارای ارزش است، زیرا سبب ایجاد بافت های جدید و ساختار مطلوب تری می شوند[۱۵]. آگار و توانایی آن در تشکیل ژل های میوه ای و سبزی از گذشته های دور معرفی شده است و مدتهاست برای تولید اینگونه ژل های غذایی استفاده می گردد[۱۵].در برخی پژوهش های انجام گرفته از مخلوط آگار و سایر هیدروکلوئیدها در فراورده های میوه ای ژله ای استفاده شده است، که این سیستم های ژل، اساسا از صمغ، پالپ یا پوره میوه، شیرین کننده و اسید تشکیل یافته است[۱٤]. تحقیق در مورد تغییرات ویسکوزیته و بافت که حاصل استفاده از مخلوط صمغ ها در فرمولاسیون مواد غذایی

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

8. Synergism

است، مهم می باشد و بر هزینه مراحل مختلف فرایند اثر می گذارد [١٦].

قابلیت ترکیب توده زیستی ریزجلبک ها با سامانه های غذایی مشروط به نوع فرایند به کار برده شده و شدت آن (مثل فرایند های حرارتی و میکانیکی) و طبیعت غذا (مثل امولسیون ، ژل، سامانه های خمیری هوادهی شده) و همچنین واکنش های بین ترکیبات غذایی (پروتئین، پلی ساکارید، لیپیدها، قندها و نمک ها) می باشد. در کنار خواص رنگ زایی و اهداف تغذیه ای، ترکیب ریزجلبک ها با غذاها ممکن است تغییرات معنی داری در خواص ریز ساختاری و رئولوژیکی غذاها ایجاد نماید [١٧].

به نظر می رسد کیوی به لحاظ دارا بودن مواد مغذی متعدد، اسیدهای آلی و طعم و آرومای مطلوب و مورد پسند بتواند به عنوان یک ترکیب اصلی در فرمولاسیون این دسته از مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد. هدف از این پژوهش بررسی امکان تولید فراورده ای نوین بر پایه کیوی و غنی سازی آن با ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به گونه ای است که این فراورده بتواند جایگزین تنقلات رایج، به ویژه پاستیل های متشکل از رنگ و طعم دهنده های مصنوعی که علی رغم ارزش تغذیه ای پایین و ایجاد عوارض گوناگون، مصرف آنها روز به روز در حال افزایش است، گردد. در هیدروکلوئیدها، عوامل غیر ژلی و ویسکوزدهنده با عوامل ژل دهنده به طور معمول مورد استفاده قرار می گیرند، تا بدین ترتیب ویسکوزیته را افزایش داده یا خواص بهتر ژل ها مانند الاستیسیته بیشتری را ایجاد کنند[١٤]. آگار یک هیدروکلوئید ژل ساز است که ژل حاصل از آن ترد و شکننده است، در حالی که گوار یک صمغ ویسکوزدهنده می باشد و ژل الاستیک می دهد. بنابراین استفاده از مخلوط این دو هیدروکلوئید در فرمولاسیون فراورده های ژله ای می تواند بافتی مطلوب، منسجم و دارای الاستیسیته بالا ایجاد کنند. نقش ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و حسی در تولید فراورده های نوین بسیار حائز اهمیت است که می تواند تولیدکنندگان را در طراحی مناسب محصول یاری کند. از این رو در این مطالعه ضمن فرمولاسیون پاستیل میوه ای بر پایه کیوی و غنی سازی آن با ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، برخی خواص فیزیکوشیمیایی این فراورده نیز بررسی گردید.

٢- مواد و روش ها

مواد اولیه

این پژوهش کاربردی در آذر ماه سال ١٣٩٢ در آزمایشگاه گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. مواد اولیه شامل پوره کیوی، ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، هیدروکلوئیدها(آگار، گوار و پکتین با درجه متوکسیل بالا) ، سوربیتول، شکر، گلوکز پودری و اسید سیتریک بود. به منظور تولید پوره کیوی، از میوه کیوی با واریته هایوارد[1] استفاده شد. این واریته کیوی از باغات استان مازندران، واقع در شهرستان نوشهر در اواسط آبان ماه چیده و ظرف مدت ٢٤ ساعت به شهرستان مشهد منتقل گردید. میوها قبل از تهیه پوره، درون یخچال با دمای ٤ درجه سانتیگراد نگهداری شدند تا حداقل تغییرات از لحاظ فیزیکی و شیمیایی در آنها ایجاد گردد. پودر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس از شرکت سینا ریزجلبک قشم خریداری گردید. طبق نتایج آنالیزترکیب شیمیایی، پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* حاوی ٦٣/٥ درصد پروتئین، ٢٢درصد کربوهیدرات، ٧/٤ درصد خاکستر، ٤/٦ درصد چربی و ٣- ٢/٥ درصد رطوبت بود.گوار و پکتین با درجه متوکسیل بالا از شرکت سیگما[2]، سوربیتول و اسید سیتریک از شرکت مرک[3] آلمان و آگار از شرکت کیولب[4] کانادا تهیه گردید. گلوکز پودری، شکر و از یکی از فروشگاه های سطح شهر مشهد خریداری شد.

تولید و آماده سازی نمونه ها

اجزای فرمولاسیون شامل ٦٥ درصد وزنی/وزنی پوره کیوی، ٣٠ درصد وزنی/وزنی شیرین کننده (شکر،گلوکز پودری،شربت اینورت و سوربیتول)، ٠/٥ درصد وزنی/وزنی پکتین با درجه متوکسیل بالا، اسپیرولینا پلاتنسیس در چهار سطح (٠، ٠/٢٥، ٠/٥ و١ درصد)، آگار در سه سطح(٠/٢٥ ، ٠/٥ و ١ درصد) و گوار نیز در سه سطح(٠/٢٥ ، ٠/٥ و ١ درصد وزنی/وزنی) بود.

جهت تولید پاستیل میوه ای بر پایه پوره کیوی، ابتدا کیوی ها شستشو، پوستگیری و قطعه قطعه گردیدند. سپس این قطعات

1. Hyward
2 .Sigma
3 . Merk
4. Qulab

وارد خردکن شده، خرد شدند. سپس کیوی خرد شده جهت غیرفعال شدن آنزیم ها به مدت یک دقیقه در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد حرارت داده شد[۱۸]. پوره اسپیرولینا پلاتنسیس، هیدروکلوئیدها و شیرین کننده های مدنظر(ضمن اعمال حرارت ۷۰ درجه سانتیگراد) به نسبت های مشخص مخلوط شدند. آگار را در آب مقطر در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد به شکل محلول درآمده و به مخلوط مورد نظر اضافه گردید [۱۹]. در انتها پس از تعدیل pH به pH= ۳/٤ با افزودن اسید سیتریک با غلظت ٤۰ مولار و کنترل درجه ی بریکس تا بریکس ثابت ٤۵ ، مخلوط آماده شد. سپس مخلوط آماده درون قالب های شبکه ای از جنس استیل در حفره های با ابعاد ۱/۲×۲×۲ سانتیمتر ریخته شد و قالب ها به مدت ۲ ساعت درون یخچال با دمای ٤ درجه سانتیگراد جهت بستن ژل قرار گرفتند. سپس ژل حاصل از درون حفره های قالب خارج گردیده و نمونه ها به مدت ٦ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد درون خشک کن هوای داغ با سرعت سیرکولاسیون هوا ۱/۵ متر/ثانیه خشک شدند. عملیات خشک کردن به منظور کاهش رطوبت فراورده نهایی تا رطوبت ۳۰-۲۵درصد و همچنین افزایش مدت زمان ماندگاری پاستیل کیوی انجام شد. سپس آزمایش های مورد نظر بر روی نمونه های خشک شده انجام پذیرفت.

اندازه گیری pH با pHمتر مدل هانا[1] ساخت کشور پرتغال انجام شد. اندازه گیری بریکس مخلوط، توسط رفراکتومتر چشمی مدل کارلزلس[2] صورت پذیرفت. خشک کردن نمونه ها درون خشک کن هوای داغ ساخت شرکت طب سروش انجام شد.

اندازه گیری فعالیت آب

فعالیت آب نمونه ها توسط دستگاه a_w متر (مدل تستو[3] ۲۰۰ ، ساخت کشور انگلستان) در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری شد.

اندازه گیری پارامتر های رنگی

به منظور اندازه گیری پارامترهای رنگی نمونه های پاستیل کیوی، از هر فرمولاسیون پاستیل سه قطعه به طور تصادفی انتخاب شد و تصاویر با استفاده از دوربین کانون (مدل Canon EQS 8000 D، ساخت کشور تایوان) با زاویه ۹۰ درجه عمودی عکسبرداری و تصاویر با فرمت JPG ذخیره گردیدند. سایر مراحل پردازش تصویر با نرم افزار ImageJ 1.40g انجام شد.

اندازه گیری پارامتر های بافتی

در این پژوهش برای آزمون پروفایل بافتی (TPA) جهت اندازه گیری ویژگی های بافتی نمونه های تولیدی، از دستگاه آنالیز کننده[3] بافت مدل(کیوتی اس۲۵، سی ان اس فارنل[4]) ساخت کشور انگلستان و مجهز به نرم افزار کامپیوتری، استفاده شد. نمونه ها پس از خشک شدن، از خشک کن خارج گردیدند، سپس هر یک از نمونه ها در دو سیکل رفت و برگشتی، توسط پروب سیلندری صفحه گرد با قطر ۳/۵ سانتیمتر، سرعت حرکت پروب ٦۰ میلیمتر/دقیقه و نیروی ۵ گرم تا ۳۰ درصد ارتفاع اولیه نمونه فشرده شده[5] و سپس فشارزدایی[6] شدند.

ارزیابی حسی

در این پژوهش آزمون حسی با قضاوت ۱۰ داور آموزش داده شده انجام پذیرفت. به منظور ارزیابی نمونه ها از مقیاس هدونیک ۹ نقطه ای (عدد ۱ بسیار نامطلوب – عدد ۹ بسیار مطلوب) استفاده گردید. در نهایت، پذیرش کلی نمونه ها مورد سوال قرار گرفت و بهترین نمونه به لحاظ پذیرش کلی بر طبق امتیاز داوران، انتخاب گردید.

اندازه گیری ترکیبات شیمیایی

اندازه گیری پروتئین، چربی، فیبر خام، خاکستر، ویتامین c و آهن و کلسیم بر اساس استاندارد های ملی ایران به ترتیب به شماره های، ۲۸٦۳، ۲۸٦۲، ۳۱۰۵، ۲٦۸۵، ۵٦۰۹ و ۹۲٦٦ مؤسسه تحقیقات و استاندارد صنعتی ایران صورت پذیرفت[٤۲].

طرح آماری

تحلیل داده ها، در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. اسپیرولینا پلاتنسیس در چهار سطح (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱)، آگار در سه سطح (۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد) و گوار در سه سطح (۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد) به عنوان متغیر های مستقل در نظر گرفته شدند.

1. Hana
2. Carlze

3. Texture Analyzer
4.QTS25 CNS Farnell
5.Compression
6. Decompression

فرمولاسیون با آرایش فاکتوریل صورت پذیرفت. برای تحلیل آماری پارامترهای مورد مطالعه از نرم افزار MINITAB 16 استفاده شد. میانگین تکرارها در قالب آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح معنی داری ٥٪ با استفاده از نرم افزار SPSS مورد مقایسه قرارگرفتند.

٣- بحث و نتایج

بررسی اثر متغیر ها بر پارامتر های رنگی پاستیل کیوی

به دلیل اثرات سمی گزارش شده از رنگ های سنتتیک، تمایل برای استفاده از رنگ های طبیعی در مصارف دارویی و غذایی وجود دارد. با این وجود امروزه هنگام استفاده از رنگ در مصارف غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی، روند رو به رشدی در جایگزین کردن منابع طبیعی همچون سیانوباکتری ها به خصوص *اسپیرولینا پلاتنسیس* با منابع سنتتیک وجود دارد[٢٥].

زیست توده ریزجلبک ها به عنوان یک منبع رنگ آمیزی و اسید های چرب، در محدوده وسیع محصولات غذایی از قبیل امولسیون روغن در آب [٢٦] ، بیسکوئیت ها [٢٧] و ژل های غذایی [١] با موفقیت مورد مطالعه قرار گرفت. در اکثر موارد در صنایع غذایی از فضای رنگی **L* a* b*** استفاده می شود. Fathi و همکاران (2009) از روش پردازش تصویر برای ارزیابی تغییرات رنگی کیوی در حین خشک کردن به روش اسمز استفاده کردند[٢٩].

با توجه به نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده های مربوط به پردازش تصاویر گرفته شده از نمونه های پاستیل کیوی (جدول١)، اثر هیدروکلوئید های آگار و گوار بر روی هیچ یک از پارامتر های رنگی **L*، a*** و **b*** معنی دار نبود. در حالی که تأثیر اسپیرولینا پلاتنسیس و همچنین اثرات متقابل آن در تمامی سطوح افزوده شده کاملا روی هر سه پارامتر رنگی **L*، a*** و **b*** معنی دار بود.

جدول ١ نتایج آنالیز واریانس داده های مربوط به پارامترهای رنگی پاستیل کیوی

منابع تغییرات	درجه آزادی	L*		a*		b*	
		میانگین مربعات	نسبت F	میانگین مربعات	نسبت F	میانگین مربعات	نسبت F
آگار	٢	٢٥	٠/١٤ ns	٩/١٩	٠/٢١ ns	١١/٤	٠/٠٣ ns
گوار	٢	١٣١/١	٠/٧٢ ns	١٣	٠/٣٠ ns	٣٨/٨	٠/١٠ ns
اسپیرولینا	٣	٣٧٦٧/٢٩	٤٧٩٤/١٠*	٨٩٩/١٥	٦١٣٤/١٠*	٨٠٨٢/٥٧	١٨٠٣٩/٠٤*
اثرات متقابل (آگار×گوار)	٤	٨	٠/٤ ns	٠/١٨	٠ ns	٣/٧	٠/٠١ ns
اثرات متقابل (آگار×اسپیرولینا)	٦	٧/٦٤	١٠/١٠*	١/٤٣٩	٩/٨٢*	٤/٦٥	١٠/٣٨*
اثرات متقابل (گوار×اسپیرولینا)	٦	٥/٢٥	٦/٦٩*	٢/٧٨٢	١٨/٩٨*	٧/١١	١٥/٨٧*
اثرات متقابل (آگار×گوار×اسپیرولینا)	١٢	٣/٧٦	٤/٧٩*	٠/٢٤٦	١/٦٨*	٢/١٩	٤/٨٨*

(* و ns. به ترتیب اثرات معنی دار در سطح احتمال ٥٪ و غیرمعنی دار)

بررسی اثر متغیرها بر پارامتر رنگی *a

نتایج نشان داد اثر هیدروکلوئیدهای آگار و گوار روی پارامتر رنگی **a*** معنی دار نبود اما با افزایش هر یک از این هیدروکلوئیدها، پارامتر رنگی **a*** روند کاهشی داشت (جدول٢) . مقادیر پارامتر رنگی **a*** نامحدود می باشد. مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز هستند. نتایج خلیلیان و همکاران (١٣٨٩) نشان داد با افزایش میزان هر یک از هیدروکلوئیدهای پکتین و زانتان در فرمولاسیون پاستیل طالبی پارامتر رنگی**a*** کاهش یافت[٢٨].

جدول ۲ مقایسه میانگین فعالیت آب، صمغی بودن بافت، پارامترهای رنگی و پذیرش کلی فرمول های مختلف پاستیل کیوی

فرمول	آگار(٪)	گوار(٪)	اسپیرولینا	فعالیت آب	صمغی بودن بافت	L*	a*	b*	پذیرش کلی
۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰	۰/۶۶۶۵^{a}	۹۹۵^{fghij}	۵۱/۷۰^{bc}	۱۲/۳۵٤^{a}	۳۹/۸۷۳^{b}	٦/٦^{a}
۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۶۶۲۵^{a}	۹٦۵/۸^{jhij}	۳۱/۸٦^{ghi}	−۱/۱۷۲^{ef}	۱۲/۰۳۲^{g}	۵/۸^{a}
۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵	۰/۶۳۶۵^{c}	۱۰۷۵/۱^{efghij}	۲۳/۰۳^{mno}	−٤/۰۰۲^{hij}	۱/۱۱۸^{j}	٦/٤^{a}
٤	۰/۲۵	۰/۲۵	۱	۰/۶۳۰۵^{cd}	۱۳۲۰/۸^{cdefg}	۱۸/٦۰^{p}	−۳/٤۰۵^{j}	-۸/٤۵۱^{k}	۵/۵^{a}
۵	۰/۲۵	۰/۵	۰	۰/۶۲۸۵^{f}	۱۱۷٦/۸^{defghi}	۵٤/۲٤^{bc}	۱۲/۲۷٤^{a}	٤۲/۲۳٦^{ab}	٦/٤^{a}
٦	۰/۲۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۶۲۳۵^{g}	۱۲٦۳/۲^{defgh}	۳۲/۱٤^{ghi}	−۰/۳۳۸^{e}	۱٤/۱۹^{fg}	٦^{a}
۷	۰/۲۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶۱۳۵^{g}	۹٦۸/۵^{ghij}	۲۳^{mnop}	−٤/۱۳۵^{ij}	۳/۵٦۱^{hij}	۵/٦^{a}
۸	۰/۲۵	۰/۵	۱	۰/۶۰۸۵^{k}	۱۲٦٤/٦^{defgh}	۲۰/۱۸^{op}	−۳/۹۸۵^{hij}	-۷/۷۸۸^{k}	۵/٤^{a}
۹	۰/۲۵	۱	۰	۰/۶۳٦۵^{c}	۹٤۰^{hij}	۵۸/۸۹^{a}	۸/۸۹۵^{cd}	٤۲/۸۱٦^{ab}	٦/۱^{a}
۱۰	۰/۲۵	۱	۰/۲۵	۰/۶۱۳۵^{g}	۱۰٦۰/۸^{efghij}	۳۵/۸۹^{efg}	−۲/۱۸۰^{efgh}	۱۵/٤۹۳^{def}	۷^{a}
۱۱	۰/۲۵	۱	۰/۵	۰/۶۰٤۵^{kl}	۱۱۲٦/۸^{efghij}	۲۷/۷۷^{ijkl}	−٤/۹۱٦	٤/۲۱۹^{hij}	۵/۸^{a}
۱۲	۰/۲۵	۱	۱	۰/۵۸۱۵^{n}	۱۲۹۲^{defgh}	۲۵/۲۵^{klmn}	−٤/۱۱۱^{ij}	-۹/۲۱۳^{k}	۵/۵^{a}
۱۳	۰/۵	۰/۲۵	۰	۰/۶٤٤۵^{b}	۸۰٤/۷^{j}	٤۸/۳٦^{d}	۱۱/۷۸۲^{ab}	۳۵/۸۲۳^{c}	٦/۵^{a}
۱٤	۰/۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵۹٦۵^{m}	۸۵۱/٦^{ij}	۲۹/۹۰^{hij}	−۱/۰۳۹^{ef}	۱۲/۰۷٤^{g}	٦/۸^{a}
۱۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۵	۰/۶۰۰۵^{l}	۱۰۷۱^{fghij}	۲۳/۵۳^{lmno}	−٤/۱۱۵^{j}	۱/۳۱٤^{ij}	٦/٦^{a}
۱٦	۰/۵	۰/۲۵	۱	۰/۶۱۸۵^{hi}	۱۵۱۷^{bcd}	۱۹/۹۹^{op}	−۳/٤٦۳^{ghij}	-۸/۵٦٤^{k}	۵/٤^{a}
۱۷	۰/۵	۰/۵	۰	۰/۶۳۹۵^{c}	۱۰۰۷/۵^{fghij}	۵۲/۲٦^{bcd}	۱۱/۸٦۰^{ab}	٤۱/۲٦۲^{ab}	٦/٤^{a}
۱۸	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۶۳۸۵^{c}	۱۱۲۹/۳^{efghij}	۳٤/۱۷^{fgh}	−۰/۸۵۸^{ef}	۱٤/۷۷۲^{efg}	٦/۸^{a}
۱۹	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۶۲۵۵^{fg}	۸۸۵/۷^{ij}	۲٤/۸۷^{klmn}	−٤/۲۲۲^{j}	۲/۳۷۵^{ij}	٦/۳^{a}
۲۰	۰/۵	۰/۵	۱	۰/۶۱٦۵^{ij}	۱۲۷۹/۲^{defgh}	۲۲/۱۰^{mnop}	−۳/۹٦٤^{hij}	-۸/۷۵۰^{k}	۵/٦^{a}
۲۱	۰/۵	۱	۰	۰/۶۳۸۵^{c}	۱۲۷۲/۲^{defgh}	۵٤/۹۳^{abc}	۹/۲۰٤^{cd}	٤۱/٤۸۱^{ab}	٦/۸^{a}
۲۲	۰/۵	۱	۰/۲۵	۰/۶۲۹۵^{ef}	۱۱۲۱^{efghij}	۳۷/۹۵^{ef}	−۱/٦٤٦^{efg}	۱۷/۸۷۸^{de}	۵/۹^{a}
۲۳	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۶۲۲۵^{ef}	۹۳۳/٤^{hij}	۲۸/۰۵^{ijk}	−۵/۱۲۷^{jk}	٤/۵۰۱^{hi}	٦/٦^{a}
۲٤	۰/۵	۱	۱	۰/۵۹٦۵^{l}	۱۷۸۹/٦^{ab}	۲۲/۵۱^{mnop}	−٤/٤۰۳^{j}	-۷/۸۰۵^{k}	۵/٤^{a}
۲۵	۱	۰/۲۵	۰	۰/۶۱۳۵^{j}	۱٤۹۳/۷^{bcd}	۵٤/۰۸^{bc}	۱۰/۰۳۹^{bc}	٤۱/۷۳۸^{ab}	٦/٦^{a}
۲٦	۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۶۳۵۵^{de}	۱۲۵۳/۷^{defgh}	۳۳/٦۵^{fgh}	−۲/۳۱۲^{fghi}	۱٤/۷۷۵^{efg}	٦/۷^{a}
۲۷	۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۶۲۱۵^{gh}	۱۳۱۱/٦^{cdefg}	۲۵/٤۰^{klmn}	−٤/۹۹٦^{jk}	۳/۱۰٦^{hij}	۵/۹^{a}
۲۸	۱	۰/۲۵	۱	۰/۶۱۸۵^{hi}	۱۸٤۳/۹^{ab}	۲۱/۵۵^{op}	−۳/٦۲۵^{hij}	-۹/۱۵۲^{k}	۵/۳^{a}
۲۹	۱	۰/۵	۰	۰/۶۲۲۵^{g}	۱۳۷۷/۸^{cde}	۵٦/۳۸^{ab}	۹/۹۷۹^{bc}	٤٤/۲۱۸^{a}	٦/۷^{a}
۳۰	۱	۰/۵	۰/۲۵	۰/۶۱٦۵^{hi}	۱۷۵۳/٤^{ab}	۳۵/٤۱^{efg}	−۲/۱۷٦^{efgh}	۱۵/۹۳۲^{def}	٦/۷^{a}
۳۱	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۶۱۹۵^{hi}	۱۳۵۲/۳^{cdef}	۲٦/۱٤^{jklm}	−۵/۱۱٤^{jk}	٤/۳٦۲^{ab}	٦/۵^{a}
۳۲	۱	۰/۵	۱	۰/۶۱۹۵^{hi}	۱٦۵٦^{abc}	۲۲/۷۸^{mnop}	−٤/٤٤۷^{j}	-۸/۲٤۵^{k}	۵/۵^{a}
۳۳	۱	۱	۰	۰/۶۱۳۵^{j}	۱۵۱۱/۷^{bcd}	۵۵/۸۹^{abc}	۷/٦٤٦^{d}	٤۰/۰۰۹^{b}	٦/۹^{a}
۳٤	۱	۱	۰/۲۵	۰/۶۰۰۵^{l}	۱۵۰۸^{bcd}	۳۹/٤٦^{e}	−۳/۲۹۷^{ghij}	۱۸/۳۹۵^{d}	٦/٦^{a}
۳۵	۱	۱	۰/۵	۰/۵۹۲۵^{m}	۱۱٦۱^{defghij}	۳۰/٦٦^{hi}	−٦/٦٤۵^{k}	۵/۸۹۲^{h}	٦/٦^{a}
۳٦	۱	۱	۱	۰/۵۸٦۵^{n}	۱۹۱۵^{a}	۲۰/۰۷^{op}	−۳/۲۲۲^{ghij}	-۸/۸۵۸^{k}	۵/۵^{a}

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون از لحاظ آماری اختلاف معنی دار($P<۰/۰۵$) دارند.

از طرف دیگر اثر اسپیرولینا بر روی پارامتر رنگی a* معنی دار بود و در غلظت های ثابت آگار و گوار با افزایش اسپیرولینا میزان پارامتر رنگی a کاهش یافت (جدول۲)، که این نتیجه حاکی از آن است اثر هر یک از متغیر ها باعث کاهش رنگ قرمز و افزایش رنگ سبز در پاستیل کیوی می گردند. Gouveia و همکاران(2008) اثر ریزجلبک های اسپیرولینا و دیاکرونما در سطح ۰/۷۵ درصد را بر روی فراورده ژله ای بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد افزودن هر دو ریز جلبک باعث کاهش پارامتر رنگی a در محصول گردید. همچنین آنها اشاره کردند ژل حاوی اسپیرولینا با مقادیر a* و b* کمتر و نزدیک به صفر جذابیت بیشتری داشت و رنگدانه های اسپیرولینا مقاومت زیادی در دماهای بالا از خود نشان داد[۳۰].

بررسی اثر متغیر ها بر پارامتر رنگی b*

آنالیز آماری نشان داد اثر آگار و گوار روی پارامتر رنگی b* معنی دار نبود، اما افزایش درصد گوار، منجر به ایجاد روند افزایشی در پارامتر رنگی b* (رنگ زرد) در فرمول های مختلف گردید(جدول ۲). مقادیر مثبت پارامتر رنگی b* معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی می باشد. احتمالا با افزایش درصد گوار در فرمولاسیون، امکان وقوع واکنش های مایلارد و در نتیجه ایجاد رنگدانه های زرد و قهوه ای بیشتر می گردد که این منجر به افزایش اندکی در رنگ زرد نمونه ها گردید.

اثر اسپیرولینا بر روی پارامتر رنگی b* کاملا معنی دار بود و در غلظت های ثابت آگار و گوار با افزایش میزان اسپیرولینا پارامتر رنگی b* روند کاهشی داشت(جدول۲). اسپیرولینا رنگ زرد و قهوه ای ناشی از واکنش مایلارد در نمونه پاستیل کیوی را کاملا پوشانده، رنگ فراورده را به سمت آبی گرایش داده است.نتایج Fradique و همکاران (2010) نشان داد با افزایش درصد هر یک از ریزجلبک های اسپیرولینا و کلرلا در فرمولاسیون اسپاگتی پارامتر رنگی b* روند کاهشی داشته است[۳۱].

بررسی اثر متغیر ها بر پارامتر رنگی L*

نتایج نشان داد اثر آگار و گوار روی پارامتر رنگی L معنی دار نبود، اما با افزایش گوار میزان پارامتر رنگی L* روند افزایشی داشت (جدول۳). پارامتر رنگی L* معادل روشنایی، بین صفر (مشکی) تا ۱۰۰ (انعکاس نور کامل) می باشد. احتمالا افزایش رطوبت ناشی از افزایش گوار در فرمولاسیون، رنگ نمونه ها را تحت تأثیر قرار داده و از میزان شدت رنگ و تیرگی نمونه های پاستیل کیوی کاسته است. خلیلیان و همکاران (۱۳۹۰) طی پژوهشی به این نتیجه رسیدند که افزایش درصد هیدروکلوئیدهای زانتان و پکتین در فرمولاسیون پاستیل طالبی، منجر به ایجاد روند افزایشی در پارامتر رنگی L* می گردد[۳۲].

اثر اسپیرولینا روی پارامتر رنگی L* معنی دار بود و در غلظت های ثابت آگار و گوار با افزایش اسپیرولینا میزان پارامتر رنگی L* روند کاهشی داشته است (جدول۳). با افزایش اسپیرولینا شدت رنگ نمونه ها افزایش می یابد که این خود عاملی در جهت کاهش پارامتر L* (کاهش روشنایی) در پاستیل کیوی می باشد.Khazaiy 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 کردن، پارامترهای رنگی L* کاهش یافت اما a* روند افزایشی داشت[٤١]. نتایج تحقیق Gouveia و همکاران(2007a) نشان داد افزودن ریزجلبک کلرلا ولگاریس، شدت رنگ بیسکوئیت را افزایش داده و در طول مدت زمان نگهداری، رنگ نمونه ها تا حد زیادی پایدار می ماند. با افزایش درصد ریزجلبک در نمونه ها میزان پارامتر های رنگی L*، a* و b* روند کاهشی داشته است [۳۳].

جدول ۳ نتایج آنالیز واریانس داده های مربوط به فعالیت آب، صمغی بودن بافت و پذیرش کلی پاستیل کیوی

منابع تغییرات	درجه آزادی	فعالیت آب		صمغی بودن بافت		پذیرش کلی	
		میانگین مربعات	نسبت F	میانگین مربعات	نسبت F	میانگین مربعات	نسبت F
آگار	۲	۱۱/٤۲۷	۲۲۸۵/٤٤*	۱۷۵۲۵۵۲	۱۵۷/٤۱*	۳/۹۸۱	۲/۲۹ ns
گوار	۲	۲۱/۱۷۷	٤۲۳۵/٤٤*	۷۹٦٦۲	۰/۸٦ ns	۰/۲۲٦	۰/۱۳ ns
اسپیرولینا	۳	۱۹/۵۳۲	۳۹۰٦/٤۸*	۱۱۰۳۵۲٤	۹۹/۱۱*	۲/۱۸۱	۱/۲۵ ns
اثرات متقابل (آگار×گوار)	٤	۵/۷۷٦	۱۱۵۵/۲۸*	٦۵۸۱۰	۵/۹۱*	۰/۸۲۰	۰/٤۷ ns
اثرات متقابل (آگار×اسپیرولینا)	٦	٤/۱۰۳	۸۲۰/۷۰*	۵۸۵۹۲	۵/۲٦*	۰/۳۹۳	۰/۲۳ ns
اثرات متقابل (گوار×اسپیرولینا)	٦	۳/۸٦٤	۷۷۲/۹۳*	۱٤۷۱٦۵	۱۳/۲۲*	۰/۱۲۰	۰/۰۷ ns
اثرات متقابل (آگار×گوار×اسپیرولینا)	۱۲	٤/۱٦٤	۸۳۲/۹۸*	۲۷۷۹٤	۲/۵۰*	۲/۳۸۱	۱/۳۷ ns

(* و ns. به ترتیب اثرات معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و غیرمعنی دار)

فعالیت آب

نتایج آنالیز واریانس(جدول۳) نشان داد که اثر آگار، گوار و اسپیرولینا و همچنین اثرات متقابل آنها روی فعالیت آب نمونه های پاستیل معنی دار است. طبق نتایج مقایسه میانگین فعالیت آب مربوط به فرمول های مختلف (جدول۲) در غلظت های ثابت هر یک از متغیرها، با افزایش آگار، گوار و اسپیرولینا فعالیت آب نمونه ها کاهش یافته است.

این امر به خاطرکاهش فشار بخار توسط آگار، گوار و اسپیرولینا می باشد. آگار و گوار در گروه های قطبی خود باندهای هیدروژنی تشکیل می دهند و آب قابل انجماد موجود در سیستم را غیرقابل دسترسی نمایند و به این ترتیب فعالیت آب محصول کاهش می یابد. Piazza و همکاران(2009) طی پژوهشی که در همین راستاانجام دادند، بیان نمودند با افزایش میزان و غلظت هیدروکلوئیدها، شدت باند هیدروکلوئیدها با مولکول های آب افزایش می یابد و نهایتا کاهش فعالیت آب نمونه ها را به دنبال خواهد داشت[۲۰]. همچنین نتایج شهیدی و همکاران(۱۳۹۰) نشان داد با افزایش غلظت هیدروکلوئیدهای ژلاتین و نشاسته، فعالیت آب پاستیل میوه ای سیب کاهش می یابد[۲۱]. Khazaiy و همکاران (2013) اثر سطوح مختلف هیدروکلوئیدهای آگار و گوار را بر کینتیک انتقال جرم پاستیل کیوی در طی فرایند خشک کردن در خشک کن هوای داغ را مورد بررسی قرار دادند. متغیرهای خشک کردن شامل زمان و دما بود. نتایج نشان داد نمونه حاوی سطوح بالاتر صمغ گوار به میزان بیشتری رطوبت خود را از دست می دهد که این امر ناشی از حساسیت حرارتی ساختمان صمغ گوار و آزاد شدن بخشی از آب جذب شده توسط این صمغ در اثر تخریب حرارتی ساختمانش بود[۳٦].

بخش مهمی از آب در ماده غذایی متصل به عواملی چون گروه هیدروکسیل در پلی ساکارید ها و گروه های آمین و کربونیل در پروتئین ها از طریق پیوند هیدروژنی می باشد. میزان فعالیت آب و آب غیر قابل انجماد (بر حسب میزان پروتئین موجود، که نقش مهمی در جذب آب دارد) از یک ماده به ماده دیگر فرق می کند. همانطور که پیشتر گفته شد، بیش از نیمی از ساختار اسپیرولینا پروتئینی است. احتمالا بخش پروتئینی اسپیرولینا از طریق پیوند هیدروژنی و تعامل های یون- دی پل و دی پل- دی پل با مولکول های آب موجود در نمونه ژل ها اتصال برقرار کرده ، از این طریق منجر به کاهش فعالیت آب نمونه ها گردیده است[۲۲].

بررسی اثر متغیرها بر میزان صمغی بودن بافت

طبق نتایج آنالیز واریانس(جدول۳) اثر آگار و اسپیرولینا و همچنین اثرات متقابل متغیرها روی صمغی بودن بافت معنی دار است. نتایج مقایسه میانگین(جدول۲) نشان داد در غلظت های ثابت هر یک از متغیرها با افزایش آگار و اسپیرولینا پارامتر صمغی بودن بافت افزایش می یابد. اثر گوار روی این پارامتر معنی دار نبود، ولی در حالت کلی با افزایش گوار صمغی بودن بافت روند افزایشی داشته است.

آگار یکی از قویترین هیدروکلوئیدهای ژل ساز است. احتمالا با افزایش آگار در فرمولاسیون نمونه ها، استحکام ژل نهایی بیشتر شده لذا سختی بافت نیز افزایش یافته است. Armisen و همکاران (1987) اثر صمغ لوبیای لوکاست (که مانند گوار دارای ساختار گالاکتومانان است) را روی مقاومت و سختی ژل آگار بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد با افزایش درصد آگار مقاومت و سختی ژل افزایش میابد[۲۳]. گوار نیز باعث افزایش صمغی بودن بافت نمونه ها گردیده است که این نتایج اثر سینرژیستی گوار با آگار را تأیید می کند. برهمکنش های بین مولکولی آگار و گوار منجر به افزایش انسجام اجزای فرمولاسیون در شبکه ی ژلی در کنار یکدیگر شده است. Ben-zion و همکاران (1997) در بررسی ویژگی های میکانیکی ژل های میوه ای، به اثر سینرژیستی آگار و گوار اشاره کرده اند[۱۹]. همچنین Lucyszyn و همکاران (2006) در بخشی از پژوهش خود به بررسی رئولوژی آگار/گالاکتومانان (گوار و صمغ لوکاست) پرداختند که نتایج آنها اثر سینرژیستی این هیدروکلوئیدها را با یکدیگر مورد تأیید قرار می دهد[٢٤].

اثر اسپیرولینا بر روی پارامتر صمغی بودن بافت معنی دار و مثبت بود (جدول ۲). احتمالا بخش پروتئینی اسپیرولینا که حدود ٦٠ درصد ساختار آن را تشکیل می دهد از طریق پیوند های هیدروژنی میان گروه های آمید- هیدروکسیل و هیدروکسیل- کربونیل با گروه های قطبی ساختار هیدروکلوئیدی آگار و گوار باعث افزایش استحکام و مقاومت ژل شده و نهایتا منجر به افزایش سختی شده است. همچنین علاوه بر پیوند های هیدروژنی، احتمالا تعامل های الکترواستاتیک بین گروههای باردار پروتئین اسپیرولینا با بخش باردار آگار (آگاروپکتین) می باشد، تشکیل شده است. که این تعامل ها هم منجر به افزایش استحکام ساختار ژل نمونه ها گردیده است. نتایج Chronakis و همکاران (2001) نشان داد با افزایش غلظت پروتئین ایزوله *اسپیرولینا پلاتنسیس*، مدول الاستیسیته ژل افزایش می یابد که این ناشی از پیوندهای الکترواستاتیک و هیدروژنی حین تشکیل ژل می باشد[۷]. خزایی و همکاران (۱۳۹۱) ریزساختار پاستیل کیوی را با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) مورد بررسی قرار دادند. تصاویر نشان داد با افزایش غلظت اسپیرولینا پلاتنسیس در نمونه ها، از یکنواختی ساختمان پاستیل کاسته شده و شبکه ژلی درشت تر، با منافذ بزرگتر ایجاد می گردد. آنها این نوع تغییر در ساختار ژلی را ناشی از ناسازگاری ترمودینامیکی بین پروتئین های ریزجلبک با سایر اجزای نمونه دانستند[۳۹]. Batista و همکارانش (2007b) علت تغییرات پارامترهای رئولوژی سیستم ژل متشکل از کاپاکاراگینان/نشاسته/پروتئین نخود در اثر افزودن ریز جلبک *Spirulina maxima* را ناشی از ناسازگاری ترمودینامیکی بین پروتئین ریزجلبک با سایر ترکیبات سیستم ژلی دانستند [٤٣].

البته افزایش میزان صمغی بودن و استحکام ژل ها ممکن است ناشی از افزایش جذب آب فرمولاسیون توسط متغیرها نیز باشد. آگار، گوار و اسپیرولینا با داشتن گروهای قطبی، آب موجود در فرمولاسیون را در ساختار خود به دام انداخته اند و در نهایت منجر به روند صعودی در میزان صمغی بودن گردیده، استحکام و پایداری بافت نمونه ها را افزایش داده اند.

پذیرش کلی

طبق نتایج آنالیز واریانس اثر آگار، گوار و اسپیرولینا نیز روی پذیرش کلی معنی دار نبود(جدول۳). این نتیجه به این معنی است که کیوی به خوبی توانسته است اثرات طعمی اسپیرولینا را بپوشاند. از طرفی روند کلی به شکلی بود که نمونه های حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد اسپیرولینا پذیرش کلی بیشتری نسبت به نمونه های بدون اسپیرولینا داشتند، اما در سطح ۱ درصد اسپیرولینا پذیرش کلی نمونه ها کاهش یافت. طبق نتایج آنالیز حسی بالاترین پذیرش کلی مربوط به نمونه ۰/۲۵ درصد اسپیرولینا ، ۰/۲۵ درصد آگار و ۱ درصد گوار بود. اسپیرولینا در سطح ۰/۲۵ درصد و ۰/۵ درصد، رنگ سبز ملایم و مطلوبی مشابه رنگ سبز کیوی در نمونه ها ایجاد کرده است که این رنگ جذاب منجر به افزایش پذیرش کلی در ارزیابی حسی گردیده

است. Fradique و همکاران (2010) به کارگیری اسپیرولینا ماکسیما باعث بهبود پارامترهای کیفی و افزایش سختی نمونه ها گردید. و طبق نتایج ارزیابی حسی برخی نمونه های غنی شده، پذیرش کلی بهتری نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد ریزجلبک) داشتند[۳۱]. در چین و ژاپن اسپیرولینا به عنوان پیگمان رنگی طبیعی در انواع غذا ها مثل آدامس، محصولات لبنی، ژل ها و پاستیل ها مورد استفاده قرار می گیرد. فایکوسیانین رنگ درخشان و جذابی به پاستیل و آبنبات های پوشش دار می دهد[۳٤] .

در تحقیق انجام شده توسط Goldfield و همکاران (2002)، Jack و همکاران (1997) و Gibson (2001) طی تحقیقاتی نشان دادند که تنقلات بر پایه میوه و سبزی پذیرش و جذابیت بالایی از سوی مصرف کنندگان دارند. سهولت تهیه و مصرف این تنقلات و کیفیت بالای خوراکی به لحاظ بهداشتی و ارزش تغذیه ای، نسبت به سایر تنقلات از جمله آنهایی که حاوی افزودنی های مصنوعی می باشند، از مهمترین دلایل پذیرش بالای این گروه از مواد غذایی است[۳۷،۳۸،۳۵].

ریزجلبک ها منابع مغذی کاملا طبیعی هستند که ارزش غذایی بالایی دارند. همچنین غذا های حاوی زیست توده ریزجلبک ها، خواص حسی(از جمله بافت و رنگ) بسیار متنوع تری دارند. بنابراین این غذاها می توانند علاوه بر طبیعی بودن و فواید سلامتی، به دلیل تنوع زیاد می توانند با ایجاد جذابیت در مصرف کنندگان همراه باشند[۳۹] .

ترکیبات شیمیایی و تغذیه ای

پس از ارزیابی حسی، نمونه ۰/۲۵ درصد اسپیرولینا ، ۰/۲۵ درصد آگار و ۱ درصد گوار به عنوان بهترین نمونه به لحاظ پذیرش کلی انتخاب شد. در این پژوهش چندین پارامتر شیمیایی از جمله میزان پروتئین، چربی، فیبر ، خاکستر تام و عناصر آهن و کلسیم اندازه گیری شد برای نمونه مذکور اندازه گیری شد تا ارزش تغذیه ای آن تا حدودی مشخص گردد (جدول٤).

با توجه به نتایج جدول ٤ مشاهده می شود که این فراورده ارزش تغذیه ای نسبتا بالایی داشته و می تواند به راحتی جایگزین پاستیل های رایج در بازار گردد. پاستیل های رایج در بازار نه تنها ارزش تغذیه ای نداشته، بلکه به دلیل استفاده از رنگ و طعم سینتیکی عوارضی را نیز بدنبال خواهد داشت.

جدول ٤ میزان ترکیبات در ۱۰۰ گرم نمونه پاستیل کیوی با بالاترین پذیرش کلی

ترکیبات	آهن mg	کلسیم mg	ویتامین C mg	پروتئین gr	چربی gr	فیبر gr	خاکستر gr
میزان	۱/۹٦۱	٤٤/٦٤۲	۱۸/٦۹	۱/۵٦	۰/۹۷	۱/٤٦	۰/۹۵

٤- نتیجه گیری

در این پژوهش مشخص گردید آگار، گوار و اسپیرولینا روی کیوی اثر معنی دار و منفی دارند. با افزایش آگار و اسپیرولینا در فرمولاسیون، پارامتر صمغی بودن بافت نمونه ها به شکل معنی داری افزایش می یابد. در ارتباط با آنالیز رنگ نمونه ها، نتایج حاکی از آن بود که تنها اثر اسپیرولینا روی رنگ نمونه ها معنی دار بوده و افزایش اسپیرولینا در فرمولاسیون نمونه ها، منجر به کاهش هر سه پارامتر رنگی L*، a* و b* می گردد. با توجه به نتایج آنالیز حسی، اثر هیچ یک از سه متغیر روی پذیرش کلی معنی دار نبود. پاستیل میوه ای بر پایه کیوی فراورده ای طبیعی است که ترکیبات آن شامل پوره کیوی، هیدروکلوئیدهای غذایی و ترکیبات شیرین کننده می باشد. این فراورده به لحاظ دارا بودن pH و فعالیت آب پایین، ماندگاری بالایی دارد. با توجه به اینکه می توان از میوه های مازاد بر مصرف در تهیه آن استفاده نمود، با تولید این فراورده علاوه بر جلوگیری از ضایعات میوه، فراورده نوینی وارد بازار مصرف می گردد که به سبب ارزش تغذیه ای بالا، طعم مطلوب، قابلیت شکل پذیری و ماندگاری خوبی که دارا می باشد، مورد توجه مصرف کنندگان قرار خوهد گرفت. همچنین افزودن ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به عنوان یک مکمل غذایی فراسودمند می تواند سبب ایجاد خصوصیات تغذیه ای ارزشمند بخصوص از نظر اسیدآمینه های ضروری، مواد معدنی مانند آهن وکلسیم در محصول گردد. همچنین *اسپیرولینا پلاتنسیس* بواسطه داشتن رنگدانه های ارزشمندی از جمله فایکوسیانین می تواند رنگ جذابی را در فراورده نهایی ایجاد کند.

٥- منابع

[1] Batista, A.P., ristiana Nunes, M. C., Fradinho, P., Gouveia, L., sabel Sousa, I.,Raymundo, A., 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, 182–189.

[2] Vyssoulis, G.P., Karpanou, E.A., Papavassiliou, M.V., Belegrinos, D.A., and Giannakopoulou, A., 2001,. Side effects of antihypertensive treatment with ACE inhibitors. American journal of hypertension, 14(4): 114-125.

[3] Vonshak, A., 2002, Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cell-biology and biotechnology. Taylor and Francis group, 1: 1-17.

[4] Shetty K., Paliyath G., Pometto A., and Levin R.E., 2006, Food Biotechnology, CRC Press, p.498.

[5] Gershwin, M.E and Belay A, Eds. 2008. Spirulina in Human Nutrition and Health. Boca Raton: Taylor and Francis group London New York CRC Press, 3: 51-71.

[6] Ciferri, O., 1983, Spirulina, the edible microorganism, Microbial. Review ,47:551-578.

[7] 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.

[8] Afshar Mohammadian, M, Ali Akbar, A, 2007, Comparable amounts of minerals and vitamins figures Abbot, Bruno, Hayward and Monty kiwifruit Iran Comparison vitamins figures with Thomson orange Novell, Journal of Biology, 2(20): 164 -171.

[9] Ferguson, A.R., and Ferguson, L. R., 2003, Are kiwifruit really good for you? Acta Hortic.. Acta Hortic. 610: 131-138.

[10] Cassano, A., Donato, L., & Drioli, E., 2007, Ultrafiltration of kiwifruit juice: Operating parameters. Juice quality and membrane fouling. Journal of Food Engineering, 79: 613−621.

[11] Agricultural Jihad, 1388, reconnoiter of Kiwi, 4: 23-28.

[12] Gordon Booth, R., 1990, Snack Food, An AVI Book , published by Van Nostrand Reinhold, New York, 8: 175-182.

[13] Araki, c, 1958, carbihydrates of agar. In jikken kagaku koza, chemical society of Japan, Tokyopp, 22, 468-87.

[14] Williams P. A and Phillips, G. O., 2000, Handbook of hydrocolloid, Introduction to food hydrocolloids. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2: 21-49.

[15] Morris, E.R., 1990, In Food Gels, Edited by Harris, P. Elsevier Applied Science, London , UK, Chapter , 8: 291-298.

[16] Glicksman, m., 1982, food hydrocolloids, crc press. Florida, 3: 74-83.

[17] Gouveia, L., Batista, A.P. Raymundo, A., Sousa, I., and Empis, J., 2006, Chlorella vulgaris and Haematococcus pluvialis biomass as coloring and antioxidant in food emulsions. European Food Research and Technology, 222, 362-367.

[18] Abedini, j.2003, Physiology and technology of kiwifruit processing industries, and the care of the mortuary. Publications picture knowledge, 5: 91-96.

[19] Ben-zion, O., Nussinovitch., 1997, A prediction of the compressive deformabilities of multilayered gels and texturized fruit, glued together by three different adhesion techniques. Food Hydrocolloids, 11(3): 253-260.

[20] Piazza,L. & Gigli, J., 2009, Multi-scale estimation of water soluble diffusivity in polysaccharide gels.Universita di milano, Italy, 4:56-74.

[21] Shahidi, F., Khalilian, S., Mohebbi, M., Fathi, M .2011, Investigate the possibility of producing fruit-based pastille puree, apple juice, based on the factors and sensory activities, the Journal of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, 2(7): 129-136.

[22] Fatemi, H. 2008, Food Chemistry, Tehran Publishing Corporation, 1: 12-25.

[23] Armise´ N, R. and Galatas, F., 1987, Production Properties and Uses of Agar: pp. 1–57. Production and Utilization of Products From Commercial Seaweed; Ed. McHugh, D. J. FAO Fisheries Technical Paper No. 288; Rome.

[24] Lucyszyn, N., Quoirin, M., Koehler, H.S., Reicher., Sierakowski. M. R., 2009, Agar/ galactomannan blends for strawberry (Fragaria x ananassa Duchesne) cv. Pelican micropropagation. Scientia Horticulturae 107: 358-364.

[25] Borowitzka, M.A., 1995, Microalgae as sources of pharmaceuticals and other

biologically active compounds. Journal of Applied Phycology, 7: 3-15.
[26] Raymundo, A., Gouveia, L., Batista, A.P., Empis, J. and Sousa, I., 2005, ‘‘Fat mimetic capacity of Chlorella vulgaris biomass in oil-in-water food emulsions stabilised by pea protein’’, Food Research International, 38: 961-5.
[27] Gouveia, L., Coutinho, C., Mendonça, E., Batista, A.P., Sousa, I., Bandarra, N.M., and Raymundo, A., 2007b, Sweet biscuits with Isochrysis galbana microalga biomass as a functional ingredient. Journal of the Science of Food and Agriculture, In press.
[28] Khalilian, s. 2010. Possibility to cantaloupes pastille production and optimization of its formulation, Master's thesis, Ferdowsi University.
[29] Fathi, M., Mohebbi, M. and Razavi, S.M.A., 2009, Application of imag analysis and artificial neutral network to predict mass transfer kinetics and color changes of osmotically dehydrated kiwifruit. Food Bioprocess Technology, 25: 136-149.
[30] 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.
[31] 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.
[32] Khalilian, s., Shahidi, F., Elahi, M., Mohebbi, M. 2011. Evaluate the sensory characteristics and parameters based on fruit color pastille puree cantaloupe, Journal - Iranian Food Science, Tarbiat Modarres University(no edition).
[33] Gouveia, L., Batista, A.P., Miranda, A., Empis, J., and Raymundo, A., 2007a, Chlorella vulgaris biomass used as colouring source in traditional butter cookies. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 8:433-436.
[34] Jespersen, L., Stromdahl, L.D., Olsen, K., and Skibsted, L.H., 2005, Heat and light stability of three natural blue colorants for use in confectionery and beveranges. European Food Research and Technology, 220: 261-266.
[35] Goldfield, S. and Epstein, 11., 2002, Can Fruits and Vegetables and Activities Substitute for Snack Foods?. Health Psychology, 21: 299-303.
[36] Khazaiy Pool, E., Shahidi, F., Mortazavi, S, A., Mohebbi, M., Azizpour, M. 2013. Mathematical modeling of drying kinetics of the kiwifruit pastille. 1st International e-Conference on Novel Food Processing (IECFP2013).
[37] Jack, F. R., O'Neill, J., Piacentini, M. G., Schröder, M. J. A., 1997, Perception of fruit as a snack: A comparison with manufactured snack foods. Food Quality and Preference,8: 175-182.
[38] Gibson, E. L., and Wardle, J., 2001, Effect of contingent hunger state on development of appetite for a novel fruit snack Appetite, 37: 91-101.
[39] Khazaiy Pool, E., Shahidi, F., Mortazavi, S, A., Mohebbi. 2012. Study of different levels of micro-algae Spirulina Platensis on the Microstructure and Psychochemical and Sensory Characteristics of Kiwi pastille. Acceptance in food science and technology research journal.
[40] Pulz, O., and Gross, W., 2004, Valuable products from biotechnology of microalgae. Applied Microbiology and Biotechnology, 65: 635-648.
[41] 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 e-Conference on Novel Food Processing (IECFP2013).
[42] National Standards, Nos. 2863, 2862, 3105, 2685, 5609 and 9266, Standard and Industrial Research Institute of Iran.
[43] 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.

The effect of different levels of *Spirulina Platensis* micro-algae and agar and guar hydrocolloids on water activity, texture, color parameters and Overall acceptability of kiwi puree-based fruit pastille

E. Khazaiy pool, [1]. Shahidi, F. [2*], Mortazavi, S. A.[3] , Mohebbi, M. [4]

1. Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University, Mashhad.
2. Prof , Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University, Mashhad.
3. Prof, Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University, Mashhad.
4. Associate Prof ,Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University, Mashhad.

(Received: 91/8/16 Accepted: 92/3/8)

Iran is the fourth main producer of kiwi fruit in the world but the post-harvest wastage of this valuable fruit is considerable. On the other hand, the microalgae are natural and extraordinary nutritional sources that can be used in the production of functional food. The purpose of this study was the formulation of an innovative product of kiwifruit with high durability and its enrichment with *Spirulina platensis* algae and investigation of some of physicochemical and sensory properties of this product. In this study, the effects of different levels of *Spirulina Platensis* micro-algae in four levels (0%, 0.25%, 0.5% and 1%), agar hydrocolloids in three levels (0.25%, 0.5% and 1%) and guar in three levels (0.25%, 0.5% and 1%) on water activity, textural feature and color parameters of kiwi puree- based fruit pastille were studied and the best formulation been selected considering total acceptance and nutritional characteristics including vitamin C, total ash, protein, fat, fiber and iron and calcium content. The results showed that three variable (*Spirulina Platensis,* agar and guar) significant effect on water activity. Additionaly, the results of coliremetre using Image processing techniques showed that the effects of agar and guar on "a*", "l*" and "b*" were not significant but Spirulina has a significant effect on color parameters on fruit pastilles. Texture analysis showed that agar and spirulina changed gumminess of the samples significantly. According to the sensory analysis, the 0.25% Spirulina, 0.25% agar and 1% guar obtained the highest score of total acceptance.

Keywords: Agar, *Spirulina Platensis*, Kiwi pastille, Color parameter, Gummness of the tissue, Guar

*Corresponding Author Email address: Fshahidi.um.ac.ir