ارزیابی خواص مکانیکی و ویژگی‌های نوری فیلم خوراکی بر پایه ی ایزوله ی پروتئین نخود(.Cicer arietinum L) حاوی اسانس آویشن به کمک روش سطح پاسخ

سید محمد مشکانی[1*]، سید علی مرتضوی[2] ، الناز میلانی[3] ،محسن مختاریان[1]، لعیاسادات صادقیان[1]

[1] دانش آموختگان دوره ی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، سبزوار، ایران

[2] استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد ، دانشکده ی کشاورزی، مشهد، ایران

[3] عضو هیات علمی جهاد دانشگاهی مشهد، پژوهشکده ی اقبال،گروه پژوهشی علوم و فناوری مواد غذایی ، مشهد ، ایران

تاریخ دریافت : ۱۳۸۹ / ۸ / ۳ تاریخ پذیرش : ۱۳۸۹/۱۰ /۳

چکیده

هدف از انجام این تحقیق ، بررسی تولید فیلم خوراکی حاوی ایزوله پروتئینی نخود و تعیین اثر غلظت ایزوله پروتئینی نخود و غلظت نرم کننده و درصد اسانس آویشن بر خصوصیات مکانیکی و ویژگی رنگ و شفافیت فیلم خوراکی است. بدین منظور ، ایزوله ی پروتئینی نخود در محدوده ی٤ تا١٠ گرم و گلیسرول به عنوان نرم کننده در غلظت‌هایی بین ٤٠ تا٦٠ درصد و اسانس آویشن در غلظت‌هایی بین ٠ تا ١ درصد با استفاده از روش سطح پاسخ ، مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق ، آزمون خواص مکانیکی توسط دستگاه بافت سنج و مقایسه ی رنگ فیلم‌ها توسط دستگاه هانترلب برای هر نمونه در ٦ تکرار انجام گرفت. نتایج ، نشان داد که مقاومت کشش با افزایش میزان ایزوله ی پروتئین نخود، افزایش و با افزایش درصد گلیسرول و اسانس آویشن ، کاهش داشت و برای کشش‌پذیری عکس این نتایج مشاهده گردید. همچنین گلیسرول ، هیچ تاثیری بر رنگ فیلم‌ها نداشت اما به طور معنی‌داری شفافیت فیلم خوراکی را افزایش داد و به طور کلی افزایش میزان ایزوله ی پروتئینی نخود و اسانس آویشن باعث تیره رنگ شدن فیلم‌ها و کاهش فاکتور شفافیت شد($p<0.01$). در ادامه ، نتایج بهینه‌سازی فیلم خوراکی بر پایه ی ایزوله ی پروتئینی نخود ، نشان داد که به جهت داشتن مقاومت کششی مطلوب و معادل٣/٩٥٠٣ مگا پاسکال ، کشش‌پذیری تا حد پارگی بالا و برابر ٦٢/١٩٩٠ درصد ، شفافیت بالا و معادل٦/٥١(AV/mm) و حداقل اختلاف رنگ تا سفیدی و معادل ٦١/٢٩٨؛ پارامترهای غلظت ایزوله پروتئینی نخود ٤ گرم ، گلیسرول ٦٠ درصد و اسانس آویشن٠/١٣ درصد بود.

واژه‌های کلیدی: نخود، ایزوله ی پروتئینی ، خواص مکانیکی ، رنگ ، شفافیت.

*مسوول مکاتبات: s.m.meshkani@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

نخود Chickpea، با نام علمی *Cicer arietinum*، گیاهی است یک‌ساله که بلندی بوته‌ی آن به حدود ۳۰ سانتی‌متر می‌رسد. ساقه ی این گیاه ، پوشیده از تارهای غده‌ای است. برگ‌های آن مرکب از ۱۳ تا۱۷ برگچه ی کوچک و دندانه‌دار می‌باشد. گل‌های آن سفید رنگ مایل به قرمز یا آبی به طور تک‌تک بر روی ساقه قرار دارد. میوه‌ی آن به صورت نیام و غلاف آن کوچک، متورم و نوک تیز به طول ۲ تا ۳ سانتیمتر است که در آن یک دانه ی نخود به رنگ نخودی تا سیاه قرار دارد(۲).

نخود از مهم‌ترین حبوبات بوده که بسته به نوع واریته و گونه‌ی آن دارای میزان پروتئینی در حدود ۲۰-۳۵ درصد می‌باشد که می‌توان آن را به عنوان منبع پروتئینی مناسب گیاهی محسوب کرد. همچنین اهمیت آن به گونه‌ای است که ٦٤ درصد سطح زیر کشت حبوبات در ایران چیزی در حدود ۷۵۱۷۰٦ هکتار را به خود اختصاص داده است. نخود در بین سایر محصولات از نظر سطح زیر کشت دارای سومین رتبه در کشور می‌باشد که به لحاظ سطح زیر کشت این محصول، چهارمین رتبه را در دنیا به خود اختصاص داده است. عملکرد گیاه نخود حدود ۳۵۸کیلوگرم در هکتاراست که نسبت به میانگین عملکرد جهانی ۷۸۰ کیلوگرم در هکتار و کشورهای مهم تولید کننده‌ی نخود بسیار پایین می‌باشد(۱و۲۳و۲٤).

فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از منابع گوناگون طبیعی همچون پروتئین‌ها، پلی ساکاریدها، لیپیدها و یا ترکیبی از این مواد قابل تهیه می باشند(۵و۷و۱٤). ویژگی فیلم های خوراکی در برابر نفوذ رطوبت ، گازها و خواص مطلوب مکانیکی اعم از مقاومت کششی و درصد ازدیاد طول تا حد پارگی و همچنین توانایی آن‌ها به عنوان حامل مواد معطر، مواد ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدان‌ها ورنگ‌ها(۵) زیست تخریب‌پذیر بودن و نقش موثر آن‌ها در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی همگی سبب شده تا در سال‌های گذشته توجه بسیاری از محققین به سوی مطالعه ویژگی‌های فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی گوناگون به عنوان مواد بسته‌بندی جدید و جایگزین مناسب بسیاری از بسته‌بندی‌های پلاستیکی معطوف گردد(۵،۷و۱٤).

رنگ و شفافیت فیلم‌های خوراکی یکی از شاخص‌های بسیار مهم در افزایش میزان بازارپسندی محصول است که به طورکلی امروزه از آن‌ها به عنوان یکی از فاکتورهای اصلی در بسته‌بندی‌های محصولات غذایی مختلف یاد می‌شود. رنگ نتیجه‌ی فرایندی پیچیده شامل پدیده‌های فیزیکی انتقال ، تجزیه ، جذب و پراکنش است. مراحل اصلی ایجاد رنگ فیزیکی است اما مراحل بعدی آن علائم شیمیایی را در بر می‌گیرد که به پاسخ‌های عصبی تغییر شکل یافته و توسط مغز به شکل رنگ تفسیر خواهد شد. از این‌رو ، با توجه به اهمیت بسیار زیاد رنگ به خصوص در فرآورده‌های غذایی و در افزایش میزان بازارپسندی محصول ضروری به نظر می‌رسد(۳).

هدف از انجام این تحقیق ، بررسی امکان تولید فیلم خوراکی بر پایه ی پروتئین نخود حاوی اسانس آویشن[1] (تیموس ولگاریس) می‌باشد که در ادامه به بررسی خصوصیت مقاومت کشش ، کشش‌پذیری تا حد پارگی ، رنگ و شفافیت فیلم خوراکی از طرح آماری مرکب مرکزی و روش سطح پاسخ استفاده گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد شیمیایی

آرد نخود واریته فیلیپ چربی‌زدایی شده با خلوص پروتئینی در حدود ۲٤ درصد جهت تهیه ی ایزوله پروتئینی نخود استفاده شد و سایر مواد شیمیایی مصرفی از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

۲-۲-تجهیزات

بافت‌سنج کیو تی اس[2] ساخت انگلستان ، میکرومتردیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر، هانتر لب کالرفلکس[3] ساخت امریکا ، اسپکتروفتومتر بیوکروم[4]ساخت انگلستان، سانتریفوژ سیگما[5] ساخت

1- Thymus vulgaris(Thyme)
2- QTS Texture Analyzer
3- ColorFlex
4- Biochrom
5- Sigma

Archive of SID

www.SID.ir

آلمان ، همزن مغناطیسی گرم‌کن‌دار هیدولف[1] ساخت آلمان ، pH متر جنوی[2] ۳۰۲۰ ساخت آلمان خشک کن انجمادی مارتین کریست[3] ساخت آلمان ، ترازوی ۰/۰۰۰۱ کرن[4] آلمان.

۲-۳-تهیه ی ایزوله پروتئین نخود

ایزوله پروتئینی نخود از آرد بدون چربی(چربی گیری شده با هگزان نرمال) با استفاده از استخراج قلیایی و ترسیب اسیدی ، تهیه شد. آرد به نسبت ۱:۱۰ با آب مقطر مخلوط و به کمک محلول سود یک نرمال به pH=۹/۵ رسانده شد. این سوسپانسیون به مدت ۳۰ دقیقه توسط همزن مخلوط شد. سپس مخلوط حاصل توسط سانتریفوژ با ۷۰۰۰ دور بر دقیقه برای مدت ۱۰دقیقه سانتریفوژ شد. محلول شفاف رویی جداسازی گردید و با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به pH=٤/٥ که نقطه ایزوالکتریک پروتئین نخود می‌باشد ، رسانده شد. سوسپانسیون حاصل ، دوباره برای جداسازی به سانتریفوژ با ۷۰۰۰ دور بر دقیقه منتقل شد. پس از انجام سانتریفوژ ، محلول رویی جدا و دور ریخته شد و رسوبات پروتئینی حاصل با استفاده از آب مقطر شست و شو گردید تا pH آن به محدوده ی خنثی برسد. ایزوله مرطوب نخود به وسیله ی خشک کن انجمادی خشک شد و در ظروف درب دار در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگه داری گردید(۹).

۲-٤-تهیه فیلم خوراکی از ایزوله ی پروتئین نخود

جهت تهیه ی فیلم خوراکی محدوده ، مقداری از پروتئین نخود (۱۰-٤گرم) در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل گردید و یک نرم کننده به نام گلیسرول در محدوده ی (٦۰-٤۰ ٪) به محلول فیلم پروتئینی افزوده شد. مخلوط حاصل ، توسط همزن مغناطیسی با دور بالا برای ۵ دقیقه هم زده شد و در طی فرآیند هم زدن pH محلول توسط سود ۰/۱ نرمال به محدوده ی ۹/۵ رسانده شد. سپس ، محلول فیلم خوراکی به حمام آب داغ با دمای ۸۵ درجه ی سانتی گراد و طی همزدن مداوم با سرعت ثابت ۱٤۰۰ دور بر دقیقه منتقل شد. سپس ، محلول تا دمای آزمایشگاه خنک گردید و اسانس آویشن به میزان ۰ تا ۱ درصد به آن اضافه و هم‌زده شد. حدود ۱۵ سی سی از محلول فیلم به پلیت‌های آلومینیومی با قطر ۱۰ سانتی متر منتقل شد و در دمای آزمایشگاه بارطوبت نسبی ۳۰-۳۵٪ برای مدت زمان ٤۸ ساعت فیلم‌ها خشک شدند و جهت آزمون‌های رنگ و شفافیت از کف پلیت‌ها به آهستگی جداسازی گردیدند(۱٦و۲۱).

۲-۵-تعیین ضخامت فیلم خوراکی

ضخامت فیلم خوراکی ، توسط میکرومتر دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ میلی متر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در ۱۰ نقطه از فیلم انجام و میانگین در محاسبات مربوط به آزمون شفافیت ، مورد استفاده قرار گرفت(۱۱و۱۸).

۲-٦-آزمون خواص مکانیکی

پارامترهای مقاومت به کشش و کشش پذیری تا حد پارگی بر اساس استاندارد ASTM D882-01(ASTM 2002 b) و به وسیله‌ی دستگاه بافت‌سنج مدل QTS Texture Analyzer, CNS Farnell, Essex, UK اندازه‌گیری گردید. جهت انجام این آزمون ، قطعاتی از فیلم در اندازه‌های ۸×۱ سانتی متر بریده شدند و به مدت ۲٤-٤۸ ساعت در دسیکاتور حاوی محلول اشباع نیترات منیزیم با رطوبت نسبی ۵۰-۵۵ درصد جهت مشروط‌سازی قبل آزمون قرار گرفتند. سپس از هر دو انتها فیلم به اندازه‌ی ۱۵ میلی‌متر بین فک‌ها قرار گرفته و سفت شدند. فاصله ی بین دو فک قبل از آزمون ۵ سانتی‌متر بود. فک[5] بالایی با سرعت ٤۰ میلی متر بر دقیقه شروع به فاصله گرفتن کرد و در لحظه ی پاره شدن آزمون پایان یافت. مقدار مقاومت به کشش بر حسب مگا پاسکال (MPa) بیان می‌شود. مقاومت به کشش[6] با فرمول ۱، و کشش‌پذیری تا حد پارگی[7] با فرمول ۲، تعیین شدند(٦).

$$TS = \frac{Maximum.load}{Orginal.\min imum.cross.\sec tional.area} = \frac{F}{A} \qquad (۱)$$

1- Heidolph
2- Jenway
3- Martin Christ
4- Kern & Sohn Gmbh

5- Grip
6- Tensile Strength
7- Elongation

Archive of SID

www.SID.ir

در این فرمول ، F حداکثر نیروی لازم برای پاره شدن فیلم برحسب نیوتن؛ A مساحت فیلم درگیر شده در فک دستگاه برحسب متر مربع وTS برحسب مگاپاسکال می باشد.

$$\%E = \frac{Extension.at.moment.of.Rupture}{Initial.gage.length} = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \qquad (۲)$$

در این فرمول ، ΔL میزان کشش تا لحظه پارگی بر حسب میلیمتر؛ L مقدار طول اولیه فیلم یا فاصله اولیه بین دو فک برحسب میلیمتر بوده وE بدون بعد می باشد.

۲-۷-اندازه گیری رنگ فیلم خوراکی

رنگ فیلم‌ها به وسیله ی دستگاه‌هانترلب مدل ColorFlex ساخت امریکا قرائت شد و مقیاس CIE برای اندازه گیری *L (سیاه صفر تا سفید ۱۰۰)،*a (قرمز ۶۰ تا سبز ۶۰-) و*b (زرد۶۰تا آبی۶۰-)به کار گرفته شد. به این ترتیب ابتدا دستگاه با کاشی سفید و سیاه کالیبر شد سپس فیلم‌ها در قطر ٤ سانتیمتر بریده شدند؛ نمونه‌های فیلم دایره ای بریده شده در کف سل هانترلب قرار گرفت. تغییر رنگ کلی(ΔE) بر اساس مقایسه ی فیلم‌ها با کاشی سفید استاندارد به کمک فرمول(۳)، محاسبه شد (۱۱).

$$\Delta E = [(L^* - L_s)^2 + (a^* - a_s)^2 + (b^* - b_s)^2]^{1/2} \qquad (۳)$$

در این فرمول ، L^* شاخص استاندارد شفافیت ، a^* شاخص استاندارد سبزی و قرمزی وb^* شاخص استاندارد آبی و زردی است، همچنین فاکتورهای L,a,b مربوط به نمونه‌های مورد آزمون بود.

۲-۸-اندازه گیری شفافیت فیلم خوراکی

فیلم‌ها به صورت نوارهایی با ابعاد ۹/۰×۵ سانتی متر بریده شد و داخل سل اسپکتروفتومتر قرار گرفتند و سل خالی هم به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. میزان جذب در دامنه ی طول موج ٤۰۰-۸۰۰ نانومتر در شش تکرار انجام گردید. با استفاده از فرمول(٤) میزان شفافیت فیلم تعیین گردید(۱۰).

$$Transparency = A_{600}/X \qquad (٤)$$

در این فرمول ، A_{600} میزان جذب در ۶۰۰ نانومترو X ضخامت فیلم خوراکی می‌باشد.

۲-۹-تجزیه و تحلیل آماری

بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورهای غلظت ایزوله پروتئینی نخود ، درصد گلیسرول و درصد اسانس آویشن بر مقاومت کششی و درصد ازدیاد طول تا حد پارگی ، رنگ و شفافیت فیلم خوراکی اهداف اصلی این پژوهش بودند. روش سطح پاسخ به جهت یافتن حالت بهینهٔ فاکتورها انتخاب شد که نشان دهنده ی چگونگی تاثیر فاکتورها بر نتایج آزمایش‌هاست. این در حالی است که آثار متقابل فاکتورهای مزبور را نیز در بر می‌گیرد. در این طرح ابتدا بر اساس آزمایش های مقدماتی، دامنه ی تغییرات فاکتورها برای غلظت ایزوله پروتئینی ٤ تا ۱۰ گرم، گلیسرول٤۰ تا ٦۰درصد و میزان اسانس آویشن ۰ تا ۱ درصد هر یک در سه سطح انتخاب گردیدند. در این طرح ، غلظت ایزوله ی پروتئینی نخود با نماد x_1، گلیسرول با نماد x_2 و اسانس آویشن با نماد x_3؛ سه فاکتور موثر و مقاومت کشش و درصد ازدیاد طول تا حد پارگی، شفافیت و اختلاف رنگ تا سفیدی متغیرهای وابسته بودند(جدول ۱).

جدول ۱- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آنها

متغیرهای مستقل	نماد ریاضی	کد و سطح مربوطه		
		-۱	۰	+۱
ایزوله ی پروتئینی نخود(g)	X_1	٤	۷	۱۰
گلیسرول(%)	X_2	٤۰	۵۰	٦۰
اسانس آویشن(%)	X_3	۰	۰/۵	۱

در روش سطح پاسخ (RSM) برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر، جداگانه بیان می‌نماید که در فرمول ۵ قابل مشاهده می‌باشد.

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j \qquad (۵)$$

در معادله ی ذکر شده Y پاسخ پیش بینی شده ، b_0 ضریب ثابت ،b_i اثرات خطی، b_{ii} اثر مربعات وb_{ij} اثرات متقابل ، x_i ، x_j متغیرهای مستقل کدبندی شده هستند . در جدول ۲، متغیرهای مستقل مورد آزمون در فرایند تهیه ی فیلم خوراکی بر پایه ی ایزوله پروتئینی نخود ، مشاهده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آن‌ها در تهیه ی فیلم خوراکی بر پایه ی پروتئین نخود

Run	پروتئین نخود(گرم)	گلیسرول(٪)	اسانس آویشن(٪)	Run	پروتئین نخود(گرم)	گلیسرول(٪)	اسانس آویشن(٪)
۱	۷	۵۰	۰/۵	۱۱	۷	۵۰	۱
۲	٤	۵۰	۰/۵	۱۲	٤	٦۰	۱
۳	۷	۵۰	۰/۵	۱۳	۷	۵۰	۰/۵
٤	۱۰	٤۰	۱	۱٤	٤	٤۰	۱
۵	۷	۵۰	۰/۵	۱۵	۱۰	٤۰	۰
٦	۷	۵۰	۰/۵	۱٦	٤	٦۰	۰
۷	٤	٤۰	۰	۱۷	۷	٤۰	۰/۵
۸	۱۰	۵۰	۰/۵	۱۸	۱۰	٦۰	۱
۹	۷	۰	۰/۵	۱۹	۷	٦۰	۰/۵
۱۰	۷	۵۰	۰	۲۰	۱۰	٦۰	۰

از نرم افزار Design Expert 6.0.2 جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ ، استفاده گردید(۲۰).

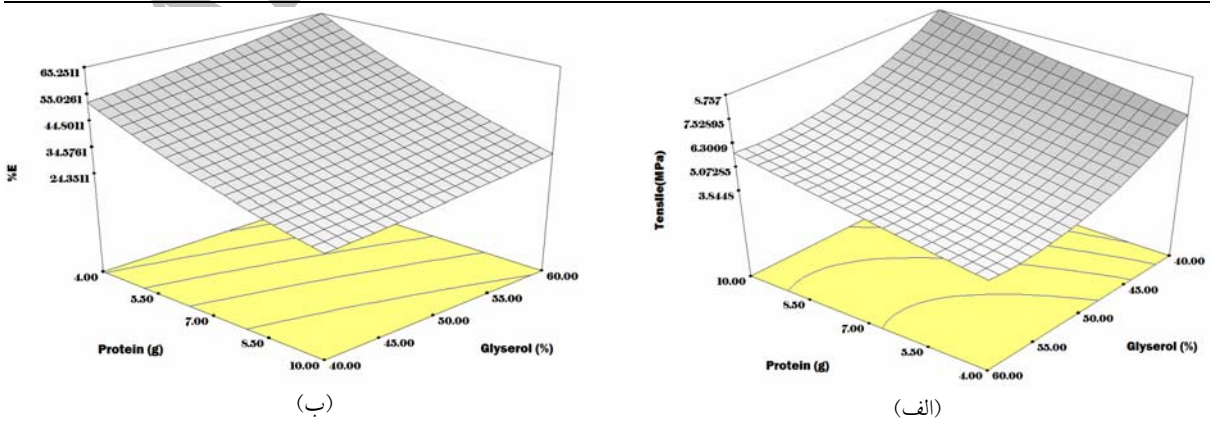
۳- نتایج و بحث

۳-۱-تشکیل فیلم

فیلم ها به راحتی از ظروف آلومینیومی جداسازی شدند فیلم‌ها شفاف ، انعطاف پذیر و تاحدودی محکم بودند به طوری که به آسانی قابل جابجایی بودند. ضخامت فیلم‌ها در محدوده ی آزمایش ، بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرومتر بود.

۳-۲- آزمون خواص مکانیکی

همان طور که در جدول۳(الف) ، مشاهده می‌شود ، عبارت‌های مدل که برای مقاومت کششی معنی دار شد شامل ایزوله ی پروتئینی، درصد گلیسرول ، درصد اسانس ، عبارت درجه ی دوم درصد گلیسرول و درصد اسانس بودند. همچنین در جدول۳(ب) ، عبارت های مدل که برای ازدیاد طول تاحد پارگی معنی دار بوده اند ، شامل غلظت ایزوله پروتئینی ، درصد گلیسرول ، درصد اسانس ، عبارت درجه ی دوم درصد گلیسرول و درصد اسانس بودند.



(الف) (ب)

شکل ۱- نمایش نمودار سه بعدی، اثر همزمان دو متغیر ایزوله ی پروتئینی نخود – درصدگلیسرول بر روی مقاومت کششی(الف) و درصد ازدیاد طول(ب) فیلم خوراکی بر پایه ی ایزوله پروتئینی نخود

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه ی دوم برای مقاومت کششی(الف) و درصد ازدیاد طول تاحد پارگی(ب)

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	احتمال *P*
مدل	۲۷۸۲/٤۲	۹	<۰/۰۰۰۱
*A**	۲۳٤۰/۹	۱	<۰/۰۰۰۱
*B***	۲٦٥/۲۲	۱	<۰/۰۰۰۱
*C****	۱۲۲/٥	۱	<۰/۰۰۰۱
A^2	۱٦/۸۸	۱	۰/۰۰۰۱
B^2	۱/٤٥	۱	۰/۱۰٥
C^2	۰/۷٥	۱	۰/۲۲۹
AB	۱٦/٥۳	۱	۰/۰۰۰۱
AC	۱/٥۳	۱	۰/۰۹۷۳
BC	۰/۲۸	۱	۰/٤٥۱۳

*غلظت ایزوله پروتئین نخود؛ **درصد گلیسرول؛ ***درصد اسانس آویشن (ب)

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	احتمال *P*
مدل	۳٥/۳۲	۹	<۰/۰۰۰۱
*A**	۹/۳۷	۱	<۰/۰۰۰۱
*B***	۲۱/۲۹	۱	<۰/۰۰۰۱
*C****	۰/٥٤	۱	<۰/۰۰۰۱
A^2	۰/۰۰۰۹	۱	۰/۲۲٦۷
B^2	۲/٦۱	۱	<۰/۰۰۰۱
C^2	۰/۱	۱	۰/۰۰۱۹
AB	۰/۰۰۰۰۲	۱	۰/۸٥۸٤
AC	۰/۰۰٤۱	۱	۰/٤۲۹۲
BC	۰/۰۱۸	۱	۰/۱۱۲٦

*غلظت ایزوله پروتئین نخود؛ **درصد گلیسرول؛ ***درصد اسانس آویشن (الف)

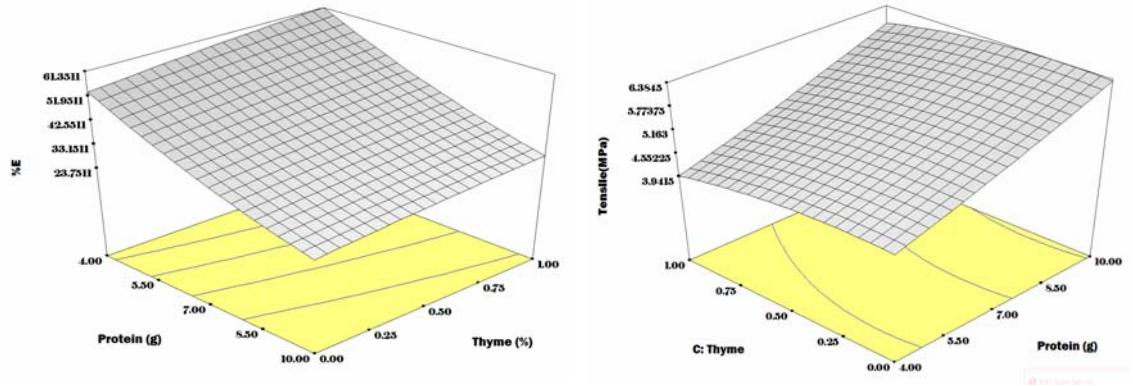
همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود در غلظت ثابت اسانس آویشن (۰/۵درصد)، اثر همزمان ایزوله پروتئینی نخود ـ درصد گلیسرول ، برمیزان مقاومت و درصد ازدیاد طول نشان داده شده است. با افزایش میزان گلیسرول میزان مقاومت کششی به طور معنی داری کاهش یافت و میزان درصد ازدیاد طول نیز به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد . دلیل این پدیده را می‌توان به نقش گلیسرول در کاهش پیوندهای هیدروژنی بین زنجیره‌های پروتئینی و افزایش فضاهای بین مولکولی نسبت داد که توسط محققین زیادی به اثبات رسیده است(۸و۲۲).همچنین ملاحظه می‌شود که با افزایش درصد ایزوله پروتئینی نخود نیز میزان مقاومت کششی فیلم ها افزایش و درصد ازدیاد طول کاهش معنی‌داری پیدا می کند که می‌تواند ناشی از بر همکنش مولکولی پروتئین ـ پروتئین در اثر شرایط قلیایی محلول تهیه ی فیلم و یا دناتوره شدن پروتئین‌ها تحت شرایط دمایی بالا باشد(۵و۱۹).

همچنین با توجه به شکل۲، مشاهده می‌شود زمانی که درصد گلیسرول مقدار ثابت (۵۰ درصد) می باشد ، با افزایش درصد اسانس مقاومت کششی تاحدودی کاهش پیدا می کند و درصد ازدیاد طول نیز تاحدودی افزایش نشان می دهد. دلیل آن را می توان به ماهیت این ماده ربط داد و این که با تغییر در سطح مولکولی پروتئین که این تغییرات به علت تخریب شبکه فیلم در اغلب موارد در جهت کاهش مقاومت فیلم‌ها در برابر کشش وافزایش در میزان کشیدگی می شود(۱٦).

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که هر سه متغیر مستقل میزان غلظت ایزوله ی پروتئینی نخود ، درصد گلیسرول و درصد اسانس آویشن در سطح $P<0.01$ معنی دار شد. همچنین فاکتورهایی که برازش مناسب مدل را نشان داد، نتایج مدل‌سازی و بهینه‌سازی فیلم خوراکی بر اساس این آزمون در جدول ٤ آورده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



(ب) (الف)

شکل۲- نمایش نمودار سه بعدی ، اثر همزمان دو متغیر ایزوله ی پروتئینی نخود – درصد اسانس آویشن بر روی مقاومت کششی(الف) و درصد ازدیاد طول(ب) فیلم خوراکی بر پایه ی ایزوله پروتئینی نخود

جدول ٤- نتایج آنالیز واریانس و بهینه سازی فیلم خوراکی در آزمون مقاومت کشش(TS) و درصد ازدیاد طول تا حد پارگی(E%)

Model	Press	R^2	R^2adj	R^2pred	C.V
$TS=۳۵/٤+۰/۲۱X_۱-۱/۱۳X_۲-۰/۲۷X_۳+۹/۷۵ \times ۱۰^{-۳}X_۲^۲ -۰/۷۸X_۳^۲$	۰/۲۹	۰/۹۹۸۳	۰/۹۹٦۸	۰/۹۹۱۸	۱/۳۵
$\%E=۵۹/۰۳-٦/٤X_۱+۰/۱٤۲X_۲+۱۳/۰۱X_۳+۰/۲۸X_۱^۲ -۰/۰٤۸X_۱X_۲$	٤۱/٤۷	۰/۹۹۸٤	۰/۹۹٦۹	۰/۹۸۵۱	۱/٦۳

در پایان فرآیند بهینه سازی با توجه به شکل۳ و براساس خصوصیات مکانیکی مطلوب برای داشتن مقاومت کششی مطلوب و معادل۸/۸؛ میزان بهینه ی غلظت ایزوله ی پروتئینی نخود ۹/۹ گرم و برای گلیسرول ٤۰٪ وبرای درصد اسانس آویشن ۰/۰۹٪ و برای درصد ازدیاد حداکثر طول فیلم ٦۸٪؛ ٤/۰۳ گرم ایزوله ی پروتئینی نخود ، ۵۹/۷۱ درصد گلیسرول و ۱ درصد اسانس تعیین گردید.

۳-۳-اختلاف رنگ فیلم خوراکی

همانطور که در جدول۵، مشاهده می‌شود، عبارت‌های مدل که برای رنگ فیلم خوراکی معنی‌دار شد؛ شامل ایزوله پروتئینی و درصد اسانس آویشن بودند.

رنگ فاکتوری مهم در بسته بندی مواد غذایی و بالا بردن میزان بازارپسندی محصولات غذایی بسته بندی شده می‌باشد و به طور کلی از لحاظ دیداری تأثیر بسزایی روی رضایت مشتری گذاشته و می‌تواند محصول را قابل رقابت در صحنه بازارهای جهانی کند. همان طور که در شکل ۳(الف) ، ملاحظه می‌شود مشاهده می‌شود که با افزایش میزان گلیسرول تأثیری بر روی رنگ ایجاد نمی‌شود که به دلیل بی‌رنگ و شفاف بودن آن بود(۱۵)، همچنین با افزایش میزان ایزوله ی پروتئینی نخود میزان اختلاف رنگ تا سفیدی افزایش می‌یابد که دلیل این امر، طبق یافته‌های سایر محققین مانند رهنما(۱۳۸۸) عنوان شده که با افزایش غلظت پروتئین ضخامت افزایش یافته و فیلم به تیرگی گرایش می‌یابد. همچنین صارم نژاد و همکاران (۱۳۸۸) نیز بیان کردند که تیره شدن فیلم بر پایه پروتئین سویا در اثر pH بالای قلیایی و استخراج بیش تر رنگدانه‌ها توسط حلال‌های قلیایی بود ، جنگچاد و همکاران (۱۹۹۹) نیز با بررسی فیلم خوراکی بر پایه ی بادام زمینی به همین نتیجه رسیدند.(٤و۵و۱۷).

همچنین با توجه به شکل ۳(ب) ، ملاحظه می‌شود که با افزایش میزان درصد اسانس آویشن احتمالاً به دلیل این که اسانس آویشن ترکیبی رنگی است و دارای رنگ زرد یا قهوه‌ای مایل به قرمز می‌باشد ، میزان اختلاف رنگ تا سفیدی افزایش می‌یابد که این نتایج مشابه دیو و همکاران (۲۰۰۹) بود آن‌ها نشان دادند که با افزایش میزان درصد اسانس‌ها به دلیل رنگی

Archive of SID

www.SID.ir

بودن اسانس‌ها رنگ فیلم حاصل از پوره گوجه فرنگی تیره شد(۱۲).

طبق آنالیز واریانس انجام گرفته ، مشاهده شد که دو متغیر مستقل میزان غلظت ایزوله ی پروتئینی و درصد اسانس در سطح P<0.01 بر میزان اختلاف رنگ تا سفیدی فیلم خوراکی معنی‌دار شد. در ادامه عواملی که برازش مناسب مدل را نشان داد، نتایج مدل‌سازی و بهینه‌سازی فیلم خوراکی بر اساس آزمون رنگ در جدول ٦ نشان داده شده است.

در پایان فرآیند بهینه سازی برای آزمون رنگ فیلم خوراکی، برای داشتن حداقل اختلاف رنگ تا سفیدی و معادل۶۰/۷۷؛ میزان بهینه غلظت ایزوله ی پروتئینی نخود ٤/۱۳ گرم و برای گلیسرول ٤۸/۷٪ و برای اسانس آویشن ۰/۰٦٪ بود.

۳-٤- شفافیت فیلم خوراکی

همان طور که در جدول۷ مشاهده می‌شود ، عبارت‌های مدل که برای شفافیت فیلم خوراکی معنی دار شد شامل ایزوله ی پروتئینی ، درصد گلیسرول ، درصد اسانس ، عبارت درجه ی دوم غلظت ایزوله ی پروتئینی نخود ، اثر متقابل ایزوله ی پروتئینی ـ گلیسرول و اثر متقابل ایزوله ی پروتئینی ـ اسانس بودند.

همان طور که در شکل ٤(الف) مشاهده می‌شود ، عبارت خطی ایزوله ی پروتئین و گلیسرول ، عبارت درجه ی دوم ایزوله ی پروتئینی و اثر متقابل آن‌ها در سطح آماری P<0.01 معنی‌دار شد. به طوری که با افزایش میزان پروتئینی نخود فیلم خوراکی به دلیل افزایش مواد جامد محلول کدورت افزایش پیدا کرد در حالی که با افزایش گلیسرول بر میزان شفافیت فیلم خوراکی افزوده شد که احتمالاً به دلیل ایجاد فاصله بین مولکول های پروتئین بود. این نتایج ، مشابه نتایج گونگا و همکاران(۲۰۰۷) بود . آن ها نشان دادند که با افزایش گلیسرول میزان شفافیت افزایش یافته و با افزایش پروتئین از میزان شفافیت کاسته می‌شود(۱۵).

همچنین با توجه به شکل ٤(ب) مشاهده می شود ، عبارت خطی اسانس آویشن همچنین اثر متقابل ایزوله ی پروتئینی نخود و اسانس آویشن در سطح p<0.01 معنی‌دار شد. به طوری که با افزایش میزان اسانس آویشن از میزان شفافیت فیلم خوراکی کاسته شد که دلیل آن احتمالاً به خاطر رنگی بودن اسانس آویشن می باشد . این نتایج مشابه فابرا و همکاران(۲۰۰۹) بود . آن‌ها نشان دادند که استفاده از موم در محلول تهیه ی فیلم خوراکی منجر به تیرگی فیلم‌ها شد . همچنین دیو و همکاران(۲۰۰۹) نشان دادند که با افزایش اسانس میزان رنگ افزایش یافته و از میزان شفافیت ، کاسته می‌شود(۱۲و۱۳).

طبق آنالیز واریانس انجام گرفته ، مشاهده شد که هر سه متغیر مستقل میزان غلظت ایزوله ی پروتئینی و درصد گلیسرول ، درصد اسانس آویشن ، درجه ی دوم ایزوله ی پروتئینی و اثر متقابل ایزوله ی پروتئینی نخود با درصد گلیسرول و درصد اسانس آویشن در سطح P<0.01 بر میزان شفافیت فیلم خوراکی ، معنی دار شد. در ادامه ، عواملی که برازش مناسب مدل را نشان داد ، نتایج مدل‌سازی و بهینه‌سازی فیلم خوراکی بر اساس آزمون شفافیت در جدول ۸ نشان داده شده است.

در پایان فرآیند بهینه سازی برای آزمون شفافیت فیلم خوراکی، برای داشتن شفافیت حداکثر و معادل٦/۷ ، میزان بهینه ی غلظت ایزوله ی پروتئین نخود ٤ گرم و برای گلیسرول ٦۰٪ و صفر درصد اسانس بود.

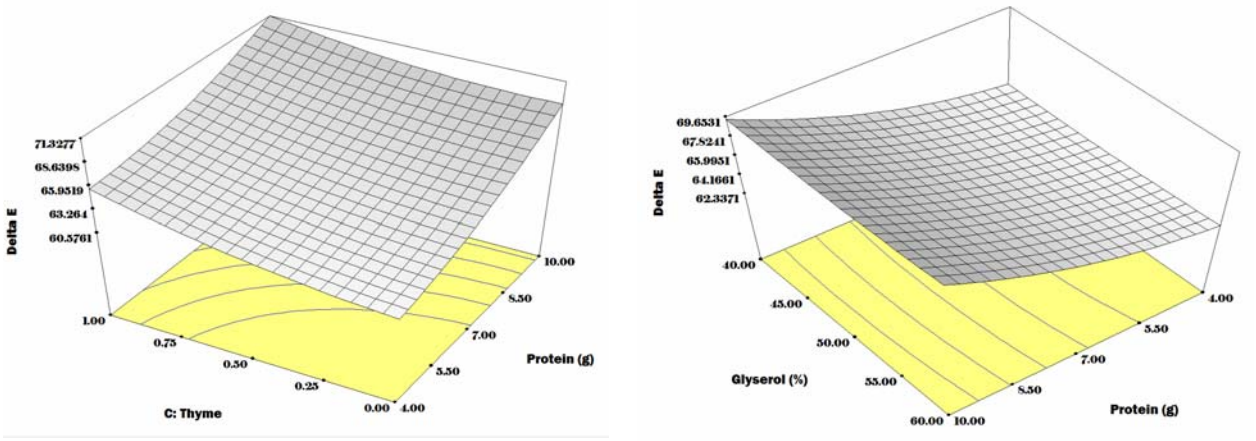
جدول۵- آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه ی دوم اختلاف رنگ فیلم خوراکی تا سفیدی

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	احتمال P
مدل	۱۷۸/۵۳	۹	<۰/۰۰۰۱
A^*	۱۲۱/۱٤	۱	<۰/۰۰۰۱
B^{**}	۰/۰٤٤	۱	۰/۸۳۲۹
C^{***}	۳۵/۹۲	۱	۰/۰۰۰۱
A^2	۳/۵۰	۱	۰/۰۸۲۳
B^2	۰/۱۵	۱	۰/٦۹٦۸
C^2	۱/٦۸	۱	۰/۲۱۱۲
AB	۰/۰۲٤	۱	۰/۸۷۷۲
AC	۳/۳٤	۱	۰/۰۸۸٦
BC	۰/٤۰	۱	۰/۵۲۸۳

*غلظت ایزوله پروتئین نخود؛ **درصد گلیسرول؛ ***درصد اسانس آویشن

Archive of SID

www.SID.ir



(ب) (الف)

شکل۳- نمایش نمودار سه بعدی ، اثر همزمان دو متغیر ایزوله ی پروتئینی نخود – درصد گلیسرول(الف) و ایزوله ی پروتئینی نخود – درصد اسانس آویشن بر روی تغییرات رنگ فیلم خوراکی

جدول ٦- نتایج آنالیز واریانس و بهینه سازی فیلم خوراکی در آزمون رنگ فیلم خوراکی بر پایه ی ایزوله ی پروتئینی نخود

Model	Press	R^2	R^2adj	R^2pred	C.V
$\Delta E= ٦٥/١٣-٠/٤٧X_١+٥/٩٢X_٣$	٥٣/٧٢	٠/٩٥	٠/٩١	٠/٧١	١/٤٧

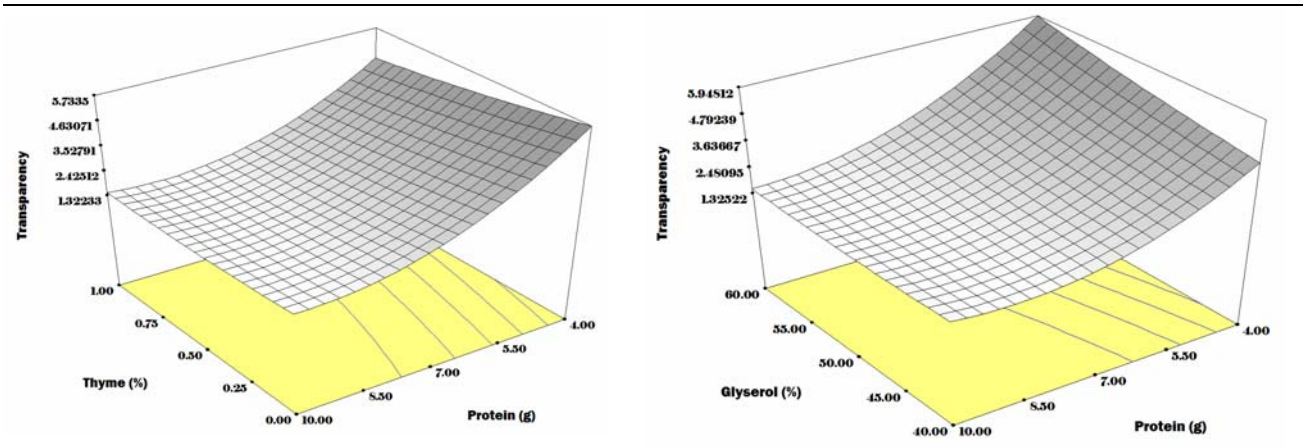
جدول۷- آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه ی دوم اختلاف رنگ فیلم خوراکی تا سفیدی

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	احتمال *P*
مدل	٤٤/٨٧	٩	<٠/٠٠٠١
*A**	٣١/٤٧	١	<٠/٠٠٠١
*B***	٢/٠٣	١	<٠/٠٠٠١
*C****	١/٣٣	١	<٠/٠٠٠١
A^2	٣/٣٣	١	<٠/٠٠٠١
B^2	٠/٠٣٦	١	٠/١٠٤٠
C^2	٠/٠٣٨	١	٠/٠٩٥٣
AB	١/٥١	١	<٠/٠٠٠١
AC	٠/٧٣	١	<٠/٠٠٠١
BC	٠/٠٠٠٠٢٣	١	٠/٩٦٤٠

*غلظت ایزوله پروتئین نخود؛ **درصد گلیسرول؛ ***درصد اسانس آویشن

Archive of SID

www.SID.ir



(الف) (ب)

شکل٤- نمایش نمودار سه بعدی ، اثر همزمان دو متغیر ایزوله ی پروتئینی نخود – درصدگلیسرول(الف) و ایزوله ی پروتئینی نخود – درصد اسانس آویشن(ب) بر روی میزان شفافیت فیلم خوراکی

جدول ۸- نتایج آنالیز واریانس و بهینه سازی فیلم خوراکی در آزمون شفافیت

Model	Press	R^2	R^2adj	R^2pred	C.V
Transparency=۸/۹۲-۱/۷ X_1+۰/۰۳X_2-۲/٦X_3+۰/۱۲X_1^2-۰/۰۱٤X_1 X_2+۰/۲X_1 X_3	۰/۹۱	/۹۹۷۵ ۰	/۹۹۵۳ ۰	۰/۹۷۹۷	۳/۸٦

جدول ۹- جدول مربوط به بهینه سازی نهایی تهیه فیلم خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی نخود

شماره	ایزوله پروتئینی نخود(g)	گلیسرول (%)	اسانس آویشن(%)	شفافیت (AV/mm)	اختلاف رنگ	مقاومت کشش (MPa)	کشش پذیری (%)	درجه مطلوبیت
۱	٤/۰۰	٦۰/۰۰	۰/۰۰	٦/۷۳	٦۱/۰٤۷	۳/۹۱٦۲	٦۰/۹۷۳٦	۰/۹٤۹
۲	٤/۰۰	٦۰/۰۰	۰/۰۰	٦/۷۲	٦۱/۰٥٤	۳/۹۱۷۸	٦۱/۰۲٥۲	۰/۹٤۸
۳	٤/۰۰	٥۹/۷٥	۰/۰۰	٦/۷۱	٦۱/۰۲۹	۳/۹۰٥٥	٦۰/۷۷۰٦	۰/۹٤٦
٤	٤/۰۸	٦۰/۰۰	۰/۰۰	٦/٦۰	٦۱/۱۰۲	۳/۹۳۹٥	٦۰/۳۸۰۲	۰/۹۳٤
٥	٤/۰۰	٦۰/۰۰	۰/۱۳	٦/٥۱	٦۱/۲۹۸	۳/۹٥۰۳	٦۲/۱۹۹۰	۰/۹۳۰

Archive of SID

www.SID.ir

٤- نتیجه گیری

در این پژوهش ، نشان داده شد که می توان از پروتئین نخود ، فیلم خوراکی تهیه کرد. همچنین غلظت مناسب نرم کننده در فیلم حاصل از ایزوله ی پروتئینی نخود ، می‌تواند کارایی و خواص مکانیکی آن را به نحو مطلوب و مورد نظر بهبود بخشد. در آزمون خواص مکانیکی اثر هر سه پارامتر روی مقاومت کششی و درصد ازدیاد طول تا حد پارگی در سطح $P<0.01$ معنی‌دار شد . به طوری که با افزایش درصد گلیسرول و اسانس آویشن و کاهش غلظت پروتئین ، مقاومت کششی کاهش پیدا کرده ، درصد ازدیاد طول افزایش یافت. به طور کلی ، فیلم‌های خوراکی در قیاس با فیلم‌های سنتزی دارای کدورت بیش تری هستند و تولید فیلم خوراکی با حداقل میزان رنگ می تواند صنعت غذا را تا حد زیادی متحول کرده و به علت افزایش استفاده از آن‌ها در بسته‌بندی ، سهم آلودگی محیط زیست توسط بسته‌بندی‌های سنتزی مربوط به مواد غذایی را تا حد زیادی کاهش دهد. ویژگی های فیلم پروتئین نخود دربسیاری از موارد مشابه با منابع پروتئینی نظیر سویا ، کلاژن ، کازئین و آب پنیر می‌باشد(۷ ، ۹ ، ۱۱ و ۱۳). پس از بهینه‌سازی نهایی تولید فیلم خوراکی بر پایه ی ایزوله پروتئینی نخود جدول۹ ، جهت داشتن حداقل اختلاف رنگ و معادل۶۱/۲۹۸ ، حداکثر شفافیت معادل (AV/mm)٦/٥١ و مقاومت کششی مطلوب و معادل (MPa)۳/۹۵۰۳ در کنار کشش‌پذیری حداکثر و معادل۶۲/۱۹۹۰ درصد ، با درجه‌ی مطلوبیت ۰/۹۳ برای غلظت ایزوله ی پروتئینی نخود ٤ گرم ، گلیسرول٦۰ درصد و برای اسانس آویشن۰/۱۳ درصد بود.

٥- سپاس گزاری

از کلیه ی همکاران و کارکنان جهاد دانشگاهی مشهد پژوهشکده ی اقبال که امکانات ، تجهیزات و شرایط لازم برای به سرانجام رسیدن این تحقیق را در اختیار ما قرار دادند بویژه سرکار خانم مهندس الناز میلانی ، خانم مهندس شکوری ، مسوول آزمایشگاه آکرودیته صنایع غذایی آن پژوهشکده و سرکارخانم مهندس هنگوال که کمال همکاری را با ما داشتند و همچنین از جناب آقای مهندس سید مهدی مشکانی که در ویرایش این مقاله کمک شایانی به ما کردند ، بسیار سپاس گزاریم.

٦- منابع

۱- باقری ، ع.ر.، نظامی، ا. ۱۳۷٦. گنجعلی و پارسا ، م. زراعت واصلاح نخود(ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۲- باقری ، ع. ر.، نظامی، ا. و سلطانی ، م. ۱۳۷۹. اصلاح حبوبات سرما دوست برای تحمل به تنش‌ها ، سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی.

۳- حسینی ، ف. ۱۳۸۹. شناسایی ویژگی‌ها ، کاربردها و روش‌های تولید رنگ‌های طبیعی خوراکی. طرح پژوهشی. پژوهشکده ی علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد ، گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی . تعداد صفحات : ۳۰۷.

٤- رهنما، ف.۱۳۸۸. ارزیابی خواص فیزیکومکانیکی فیلم خوراکی بر پایه ژلاتین. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد صنایع غذایی. دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار.

٥- صارم نژاد ، س.، عزیزی، م. ح.، برزگر، م.، وعباسی، س. ۱۳۸۸. بررسی اثر pH و غلظت پلاستی سایزر روی ویژگی‌های فیلم تهیه شده از ایزوله پروتئین باقلا، دانشگاه تربیت مدرس، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ٦، شماره ۲.

6- ASTM. 2002b. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting (D 882-01). In: Annual book of ASTMStandards (pp. 162–170).Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.

7- Barreto, P. L. M., Pires, A. T. N. and Soldi, V. 2003. Thermal degradation of edible films based on milk proteins and gelatin in inert atmosphere. *Polymer Degradation and Stability*,79, 147-152.

8- Brody LA. Packaging. Food Technol. 2005; 59(2):65-66.

Archive of SID

www.SID.ir

9- Cho, S. Y., and Rhee, C. 2002. Sorption characteristics of soy protein films and their relation to mechanical properties. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 35(2), 151–157.

10- Choi, W.S., and Han, J.H.2002. Film-forming mechanism and heat denaturation effects on the physical and chemical properties of pea-protein-isolate edible films. *J. Food Sci. 67*(4)1399-1406.

11- Denavi, G., Tapia-Blacido, D.R., Anon, M.C., Sobral, P.J.A., Mauri , A.N., Menegalli, F.C.2009. Effects of drying conditions on some physical properties of soy protein films. *Journal of Food Engineering* 90:341–349.

12- Du, W-X,. Olsen, C, W,. Avena-Bustillos, R, J,. McHugh, T, H,. Levin, T, H,. Mandrel, R,. and Friedman, M,. 2009. Antibacterial Effects of Allspice, Garlic, and Oregano Essential Oils in Tomato Films Determined by Overlay and Vapor-Phase Methods. JFS M: *Food Microbiology and Safety*,74:M390-M397.

13- Fabra, M. J., Talens, P., and Chirat, A. 2009.Microstructure and Optical Properties of Sodium Caseinate Films Containing oleic Acid-Bees Wax Mixtures, *Food Hydrocolloids,* No.23,PP.676-683.

14- Gontard, N. and Guilbert, S. 1994. Biopackaging: Technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. In M. Mathouthi, *Food Processing and Preservation*; chapter 9. Glassgow: Blackie Academic and Professional.

15- Gounga, M. E., Xu, S. Y., Wang, Z.2007. Whey protein isolate-based edible films as affected by protein concentration, glycerol ratio and pullulan addition in film formation. *Journal of Food Engineering.*83:521–530.

16- Hosseini, M. H., Razavi, S. H., & Mousavi, M. A. 2009. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosanbased films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils. *Journal of Food Processing and Preservation,* 33, 727–743.

17- Jangchud, A., and Chinnan, M. S.1999. Peanut protein film as affected by drying temperature and pH of film forming solution. *Journal of Food Science*, 64(1), 153–157.

18- Kokoszka, S., Debeaufort, F., Hambleton, A., Lenart , A. and Voilley , A. 2010 . Protein and glycerol contents affect physico-chemical properties of soy protein isolate-based edible films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,*11, 503–510.

19- Liu, Ch., Tellez-Garay, A. M. and Castell-Perez, M. E. 2004. Physical and mechanical properties of peanut protein films. *Lebensmittle-Wissenschaft und Technologie,* 37, 731-738.

20- Myers, R.H. and Montgomery, D.C. 2002. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. 2nd Edition. Wiley, New York.

21- Ou, S., Kwok, K. C. and Kang, Y. 2004.Changes in invitro digestibility and available lysine of soy protein isolate after formation of film. *Journal of Food Engineering.* 64, 301-305.

22- Park, H.J., Weller, C.L., Verrgano, P.J. and Testin, R.F. 1993.Permeability and mechanical properties of cellulosebased edible films. *J. Food Sci.* 58(6): 1361-1364, 1370.

23- Sabaghpour, S. H., Sadeghi, E. and Malhotra R.S. 2003. Present status and future prospects of chickpea cultivation in Iran. *International chickpea Conference*. 20-22 Jan,2003, Raipur,India.

24- Sabaghpour, S. H., Safihkni M. and Sarker, A. 2004. Present status and future prospects of lentil cultivation in Iran. *Proceedings of the Fifth European Conference on Grain Legume*.7-11 June 2004, Dijon, France.

Archive of SID

www.SID.ir