

## تولید ظروف خوراکی مناسب برای بسته بندی مواد غذایی و بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و مکانیکی آنها با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM)

فائزه صابری<sup>۱</sup>، ناصر صداقت<sup>۲\*</sup>، الناز میلانی<sup>۳</sup>، آرش کوچکی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- استادیار، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران

۴- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۱۳)

### چکیده

بدون شک آلودگی های زیست محیطی یکی از مهم ترین دغدغه های جوامع امروزی در سراسر جهان است. هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان تهیه ظروف خوراکی مناسب برای بسته بندی مواد غذایی و بررسی اثر غلظت ایزوله پروتئین سویا، نشاسته ذرت و موم عسل بر برخی ویژگی های شیمیایی و مکانیکی آنها شامل حلالیت در آب، حلالیت در اسید، نفوذپذیری به روغن، سفتی بافت و ارزیابی حسی بود که به کمک طرح مرکب مرکزی، بهینه یابی فرمولاسیون انجام شد. بدین منظور سطوح ایزوله پروتئین سویا (۳-۹ گرم)، نشاسته ذرت (۲-۶ گرم) و موم عسل (۳-۱۰ گرم) مورد بررسی قرار گرفتند. طبق نتایج بدست آمده افزایش در مقدار ایزوله پروتئین سویا سبب کاهش حلالیت در آب، نفوذپذیری به روغن، پذیرش کلی و افزایش سفتی بافت شد ( $p < 0/01$ ). افزایش مقدار موم عسل حلالیت در آب، نفوذپذیری به روغن، سفتی بافت و پذیرش کلی را کاهش و حلالیت در اسید را افزایش داد ( $p < 0/01$ ) و در مورد نشاسته ذرت با افزایش مقدار آن حلالیت در آب، حلالیت در اسید و نفوذپذیری به روغن کاهش و پذیرش کلی افزایش یافتند ( $p < 0/01$ ). نتایج حاصل از بهینه یابی فرمولاسیون نشان داد که مطلوبیت در مقادیر بالای ایزوله پروتئین سویا، نشاسته ذرت و موم عسل بیشتر بوده و بهترین فرمولاسیون حاوی ۷/۲۸ گرم ایزوله پروتئین سویا، ۶ گرم نشاسته ذرت و ۶/۸۵ گرم موم عسل بود.

کلید واژگان: ایزوله پروتئین سویا، سطح پاسخ، ظروف خوراکی، موم عسل، نشاسته ذرت

\* مسئول مکاتبات: sedaghat@ferdowsi.um.ac.ir

## ۱- مقدمه

نگرانی در مورد مشکلات زیست محیطی ناشی از مواد بسته بندی پلاستیکی حاصل از فرآورده های نفتی و تجزیه ناپذیر و همچنین، تقاضای مصرف کنندگان برای محصولات غذایی با کیفیت بالا باعث انجام فعالیت تحقیقاتی و استفاده از فیلم هایی با منشأ طبیعی ( نشاسته، پروتئین، کربوهیدرات و ... ) شده است. به دلیل پتانسیل این مواد در جایگزینی پلیمرهای رایج در بسته بندی مواد غذایی و نیز، مقاومت آنها در برابر نفوذ گازها، رطوبت و مواد محلول از دهه قبل رایج گردیده اند. اگرچه جایگزینی کامل این مواد با مواد بسته بندی زیست تخریب پذیر تقریباً غیرممکن است، اما می توان برای مواردی نظیر بسته بندی مواد غذایی تا حد امکان از بیوپلیمرها استفاده نمود [۱]. به طور کلی فیلم ها و پوشش های خوراکی از مواد بیولوژیکی نظیر پلی ساکاریدها، لیپیدها، پروتئین ها و مشتق هایشان ساخته می شوند. مزیت بیوپلیمرها نسبت به پلیمرهای سنتزی این است که آن ها زیست تخریب پذیر بوده، از منابع تجدید شونده تهیه می شوند [۲ و ۳]. فیلم ها و پوشش های خوراکی ای که از ترکیبات مختلف تهیه می شوند ( فیلم های مرکب )، برای بهتر شدن ویژگی های کاربردی فیلم هایی که از یک نوع ترکیب تولید شده و همچنین غلبه بر مشکلات فناوری مربوطه، توسعه یافته اند. بیشترین فیلم های مرکبی که مورد مطالعه قرار گرفتند، آمیزه ای از ترکیب لیپیدی و ساختارهایی بر پایه هیدروکلوئیدها می باشند [۴]. فیلم های خوراکی تهیه شده از هیدروکلوئیدها ( پروتئین ها و پلی ساکارید ها ) ویژگی های مکانیکی مناسب داشته ولی تراوایی زیادی در مقابل رطوبت دارند. در مقابل، فیلم های حاصل از ترکیبات لیپیدی تراوایی پائینی به رطوبت داشته ولی ویژگی های مکانیکی ضعیفی دارا می باشند. با آمیختن این دو نوع ماده، فیلم مرکب حاصله از ویژگی مطلوبی برخوردار خواهد بود. فیلم های مرکب به دو صورت لایه ای و امولسیون تهیه می شوند. فیلم های مرکب لایه ای گرچه خواص ممانعتی بهتر و عمل گزینشی تری نسبت به فیلم های مرکب امولسیون به دست می دهند ولی به دلیل مشکل بودن فرایند تهیه آن ها، کمتر در صنایع غذایی عمومیت یافته اند و فیلم های امولسیونی ترجیح داده می شوند

### 1. Composite Films

[۵ و ۶]. هدف از این مطالعه ساخت ظروف خوراکی مناسب برای بسته بندی مواد غذایی می باشد. ماده پایه مورد استفاده برای تهیه ظروف خوراکی دارای مزایا و معایبی است. از جمله معایب آن عدم مقاومت نسبت به نفوذ رطوبت و روغن می باشد. به همین دلیل تغییر در خصوصیات آن و بهبود خواص آن با افزودن فیلم های خوراکی ضد آب و ضد چربی، امکان استفاده از آن را به عنوان ظروف خوراکی مناسب برای بسته بندی مواد غذایی فراهم می کند.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مواد

شکر، تخم مرغ، آرد ذرت، آرد گندم، روغن آفتابگردان هیدروژنه، نشاسته ذرت و موم عسل تهیه شده از بازار محلی. اسیدسیتریک، توئین ۸۰ و ایزوله پروتئین سویا تهیه شده از شرکت جهان شیمی ایران.

### ۲-۲- تهیه خمیر

ابتدا یک عدد تخم مرغ و ۵۰ گرم شکر، مخلوط شد تا مخلوطی روشن و یکدست بدست آمد سپس ۲۲/۵ گرم آرد ذرت و ۲۲/۵ گرم آرد گندم افزوده، ۱۵ ثانیه هم زده و در انتها ۲۶/۵ گرم روغن آفتابگردان هیدروژنه اضافه شد و به وسیله همزن با دور ثابت به مدت ۳ دقیقه عمل مخلوط کردن انجام شد تا خمیری کاملاً یکنواخت به دست آید.

### ۲-۳- تهیه ظروف خوراکی

نخست ۱۰ گرم ایزوله پروتئین سویا در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ ساعت همزده شد و به مقدار معین جهت ترکیب با خمیر توزین شد. نشاسته ذرت به مقدار معین توزین شد، ۱ گرم اسید سیتریک و ml ۶۰ آب مقطر افزوده شد و سپس سوسپانسیون به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد توسط همزن مغناطیسی ژلاتینه شد. دما در حالی که بالای ۸۵ درجه سانتی گراد نگه داشته شد توسط هیتز، توئین ۸۰ به میزان ۳ گرم و موم عسل به مقدار معین اضافه شد و همزده شد سپس به همراه محلول ایزوله پروتئین سویا به خمیری که روش تهیه آن در بالا توضیح داده شده است، اضافه

توزین شد (وزن نهایی). مقاومت با توجه به معادله (۱) محاسبه گردید [۸].

$$W_R = \frac{W_0 - W_f}{W_0} \times 100$$

در رابطه بالا،  $W_R$  درصد مقاومت،  $W_0$  وزن اولیه ( گرم ) و  $W_f$  وزن نهایی ( گرم ) است.

### ۳-۳-آزمون نفوذپذیری نسبت به روغن :

تعیین مقاومت نمونه ها ۵ میلی لیتر روغن گیاهی داخل لوله مک کارتی ریخته شده و درب لوله که منفذی به قطر ۱۸ میلی متر بر روی آن تعبیه شده بود، با قطعه ای از نمونه پوشانده شد. سپس لوله به صورت وارونه بر روی فیلتر کاغذی قرار داده شده و داخل دسیکاتور به مدت ۲ روز قرار گرفت. میزان نفوذپذیری در برابر روغن از رابطه زیر محاسبه شد:

$$P_e = \frac{\Delta W * FT}{A * T}$$

در این رابطه  $\Delta W$  تغییر وزن کاغذ صافی (گرم)،  $FT$  ضخامت نمونه ( میلی متر )،  $A$  مساحت تماس مؤثر (متر مربع) و  $T$  مدت زمان ذخیره سازی (روز) می باشد [۹].

### ۳-۴- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی ظروف خوراکی توسط ۱۰ ارزیاب حسی و به روش رتبه بندی انجام شد. معیار انتخاب گروه ارزیابان حسی تشخیص ۴ طعم اصلی، عدم داشتن حساسیت غذایی، عدم استعمال سیگار، تمایل به تست ظروف خوراکی و در دسترس بودن در طی عملیات آموزش و ارزیابی بود. لازم به ذکر است که تیمارها و نمونه شاهد کلاگذاری شدند و در اختیار ارزیاب ها قرار گرفتند. نمونه ها از لحاظ خصوصیات طعم و مزه، تردی و قابلیت پذیرش کلی ارزیابی شدند. در این آزمون، امتیاز ۷ برای ویژگی بسیار عالی و امتیاز ۱ برای ویژگی بسیار ضعیف در نظر گرفته شد [۱۰].

### ۴- تجزیه و تحلیل آماری

متدولوژی رویه پاسخ (RSM<sup>۳</sup>) مجموعه ای از تکنیک های آماری است که در بهینه سازی فرآیندهایی بکار می رود که پاسخ

شدند و همزده شدند. محلول حاصل طی مدت زمان ۳ دقیقه توسط هموژنایزر با دور ۹۰۰۰ rpm هموژن شد. پس از انجام هموژنیزاسیون، محلول بین قالب دو لایه ریخته شد و داخل فر با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت و پس از سرد شدن ظرف از قالب جدا گردید. برای تهیه نمونه شاهد، خمیری که روش تهیه آن در بالا توضیح داده شده است، بین قالب دو لایه ریخته شد و داخل فر با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت و پس از سرد شدن ظرف از قالب جدا گردید.

### ۳- آزمایش ها

#### ۳-۱- آزمون بافت

سفتی ۱ بافت نمونه ها توسط دستگاه بافت سنج ۲ با استفاده از پروب تری پوینت بند اندازه گیری شد. نمونه ها در ابعاد تقریباً به ضخامت ۳/۵ میلی متر، طول ۱۰ سانتی متر و عرض ۵ سانتی متر تهیه گردیدند. فاصله بین دو فک پروب ۴۰ میلی متر تنظیم شد، میزان سرعت حرکت پروب از بالا به پایین بر روی ۱ میلی متر بر ثانیه تنظیم شد و مقدار حرکت پروب پس از تشخیص نمونه ۵ میلی متر تنظیم گردید. حرکت پروب به سمت پایین پیوسته بود تا زمانی که نمونه شکسته شد. نقطه ماکزیمم اولیه در نمودار نیرو-زمان مؤید میزان سفتی (نیوتن) است. سفتی به عنوان حداکثر نیروی مورد نیاز برای شکستن نمونه گزارش شد [۷].

۳-۲. اندازه گیری مقاومت به آب، اسید: نمونه ها به ابعاد تقریبی ۲cm×۲cm توزین شدند، سپس نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای 100°C آون گذاری شدند، بعد از خروج از آون و سرد شدن در دسیکاتور، توزین شدند (وزن اولیه). سپس هر یک از نمونه ها داخل ظرفی حاوی ۱۰۰ میلی لیتر حلال (آب مقطر یا اسید هیدروکلریک ( pH=4 )) به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط ۲۳±۱°C غوطه ور شد و بعد از این مدت از کاغذ صافی عبور داده شد و کاغذ صافی به مدت ۲۴ ساعت در دمای 100°C آون گذاری گردید و پس از سرد شدن داخل دسیکاتور

1. Hardness
2. Texture analyzer

پاسخ تعیین شد. کفایت مدل با استفاده از  $R^2$ ،  $R^2$  اصلاح شده و آزمون Lack of fit مورد بررسی قرار گرفت. یک مدل مناسب،  $R^2$ ،  $R^2$  اصلاح شده بالا ( $>0.80$ ) و آزمون عدم برازش غیرمعنی دار خواهد داشت.

## ۵- نتایج و بحث

### ۵-۱- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر حلالیت در

#### آب

تأثیر متغیرهای مستقل بر درصد حلالیت ظرف خوراکی تولید شده در آب به صورت شکل های سه بعدی رویه پاسخ در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس و شکل های رویه پاسخ نشان می دهد که با افزایش میزان ایزوله پروتئین (از ۳ تا ۹ گرم) و نشاسته ذرت (از ۲ تا ۶ گرم) حلالیت ظرف خوراکی تولید شده در آب بصورت خطی کاهش یافت که بدین معنی است که با افزایش میزان ایزوله پروتئین و نشاسته در فرمولاسیون ظرف خوراکی، مقاومت آن در برابر آب افزایش می یابد. بررسی تأثیر غلظت موم عسل بر درصد حلالیت ظرف خوراکی در آب نیز روندی مشابه تأثیر ایزوله پروتئین و نشاسته ذرت نشان داد به طوریکه طبق نتایج افزایش موم عسل از ۳ تا ۱۰ گرم نیز تأثیر منفی بر حلالیت ظرف خوراکی در آب داشت. این نتایج موافق با چینما و همکاران (۲۰۱۲) بود که با بررسی فیلم خوراکی تولید شده از نشاسته کاساوا و کنسانتره پروتئین سویا حلالیت فیلم در آب کاهش یافت [۱۱]. چاو و همکاران (۲۰۱۰) روی فیلم های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئین سویا در ترکیب با موم عسل، امولسیفایر اسپان ۲۰ و گلیسرول گزارش کردند که بکار بردن موم عسل در فرمولاسیون فیلم باعث کاهش نفوذپذیری نسبت به بخارات آب و همچنین کاهش حلالیت فیلم در آب می شود [۱۲].

مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تأثیر قرار می گیرد. در این تحقیق، طرح مرکب مرکزی صاف (FCCD) با متغیرهای مستقل ایزوله پروتئین سویا (۳-۹ گرم)، نشاسته ذرت (۲-۶ گرم) و موم عسل (۳-۱۰ گرم) به کار گرفته شد. داده های به دست آمده در این طرح با استفاده از نرم افزار Design Expert مدل 6.0.2 (میناپولیس آمریکا) مدل سازی شده و شکل های سه بعدی (منحنی های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ ها و متغیرهای مستقل رسم شد.

توابع پاسخ (y)، شامل حلالیت محصول نهایی در آب، حلالیت در اسید (مقاومت به اسید)، سفتی بافت، نفوذپذیری نسبت به روغن و خواص حسی شامل (تردی و شکنندگی، طعم و مزه و پذیرش کلی) بودند. بر داده های حاصل از آزمایش ها مدل چند جمله ای درجه دوم برازش داده شد. پس از برازش مدل، رابطه های به دست آمده در معرض الگوریتم Stepwise قرار گرفتند. با استفاده از الگوریتم مذکور، جملات مدل که از نظر آماری در سطح ۹۵٪ معنی دار نبودند حذف شده و در نتیجه تعداد جملات مدل کاهش شدند.

با توجه به مقادیر  $R^2$  و  $R^2$ -Adj مربوط به مدل درجه دوم که در جدول ۱ نشان داده شده است، مشاهده می شود که مدل چند جمله ای درجه دوم کاسته دارای مقادیر بالا و قابل قبولی است، بنابراین در برازش داده ها توان بیشتری را دارا می باشد. جدول ۲ نیز نتایج حاصل از آنالیز واریانس مدل درجه دوم کاسته را نشان می دهد. رابطه ۳، مدل تعریف شده برای هر پاسخ می باشد.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + \varepsilon$$

ضرایب مدل چند جمله ای به صورت  $b_0$  (عبارت ثابت)،  $b_4$ ،  $b_3$ ،  $b_2$ ،  $b_1$  (اثرات خطی)،  $b_{11}$ ،  $b_{22}$ ،  $b_{33}$ ،  $b_{44}$  (اثرات درجه دوم) و  $b_{12}$ ،  $b_{13}$ ،  $b_{14}$ ،  $b_{23}$ ،  $b_{24}$  و  $b_{34}$  (اثرات متقابل) بیان شده اند. معنی داری ضرایب مدل با استفاده از آنالیز واریانس برای هر

**Table 1** Analysis of variance (ANOVA) response surface model models

source	model	Mean	Standard Deviation	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> -adj
Solubility in water	$WaterSolubility = 42.83 - 1.038x_1 - 0.74x_2 - 0.31x_3 - 0.176x_3^2 + 0.094x_1x_3$	30.98	0.48	0.98	0.969
Solubility in acid	$AcidSolubility = 35.70 - 1.58x_3 + 2.87x_1^2 + 2.57x_2^2 + 0.67x_3^2 + 0.57x_1x_2 + 0.65x_1x_3$	38.57	0.50	0.98	0.97
Permeability to oil	$Oilpermeability = 0.206 - 0.018x_1 + 0.047x_2 - 0.018x_3 - 0.0025x_2^2 - 0.0015x_1x_2$	0.15	0.01	0.99	0.98
Hardness	$Hardness = 19.24 - 0.37x_1 + 2.001x_2 - 7.85x_3 - 0.095x_1^2 + 0.86x_3^2 - 0.122x_1x_2 + 0.335x_1x_3 - 0.138x_2x_3$	9.19	0.48	0.98	0.96
Friability	$Friability = 3.68 - 0.33x_1 - 0.97x_2 - 0.45x_2^2 - 0.15x_1x_3$	3.45	0.14	0.97	0.95
Flavour	$Flavour = 3.5 - 0.98x_1 - 0.17x_2 - 0.43x_1^2 - 0.28x_2^2 + 0.17x_3^2$	3.23	0.15	0.98	0.96
total acceptance	$OverallAcceptance = 4.58 - 0.0098x_1 - 0.1011x_2 + 0.134x_3 - 0.016x_1^2 - 0.0102x_2^2 + 0.202x_1x_2 - 0.016x_2x_3$	3.61	0.072	0.99	0.98

**Table 2** Analysis of variance (ANOVA) response surface model

source	Hardness		Permeability to oil		Solubility in acid		Solubility in water	
	Sum of squares	P-value	Sum of squares	P-value	Sum of squares	P-value	Sum of squares	P-value
Model	132/97	<0.0001	0/097	<0.0001	173/32	<0.0001	238.81	<0.0001
Soy protein (A)	2/54	0.0105	0/072	<0.0001	-	-	39.32	<0.0001
( Beeswax)B	33/97	<0.0001	0/0038	<0.0001	-	-	67.76	<0.0001
Corn starch) C	1/14	0.063	0/013	<0.0001	24/96	<0.0001	26.67	<0.0001
A <sup>2</sup>	-	-	-	-	22/62	<0.0001	-	-
B <sup>2</sup>	4/38	0.0020	0/0047	<0.0001	18/14	<0.0001	-	-
C <sup>2</sup>	38/21	<0.0001	-	-	1/23	0/0608	2/50	0/0022-
AB	13/21	<0.0001	0/0021	0/0003	2/64	0/010	-	-
AC	32/32	<0.0001	-	-	3/38	0/0047	2.57	0/020
BC	7/49	0/0003	-	-	-	-	-	-
Lack of fit	2/37	0/1007	0/0012	0/098	3/28	0/078	1/51	0/613
Pure error	0/58	-	0/00011	-	0/51	-	0/99	-

Continued Table 2 Analysis of variance (ANOVA) response surface model

source	total acceptance		Friability		Flavour	
	Sum of squares	P-value	Sum of squares	P-value	Sum of squares	P-value
Model	5.20	<0.0001	11.69	<0.0001	11.37	<0.0001
Soy protein isolate (A)	0.55	<0.0001	1.09	<0.0001	9.60	<0.0001
Beeswax (B)	3.84	0.0017	9.41	<0.0001	0.29	0.0017
Corn starch (C)	0.036	0.022	-	-	-	-
A <sup>2</sup>	0.072	0.0031	-	-	0.51	0.0001
B <sup>2</sup>	0.050	0.0096	1.01	<0.0001	0.22	0.0045
C <sup>2</sup>	-	-	-	-	0.078	0.063
AB	0.56	<0.0001	-	-	-	-
AC	-	-	0.18	0.012	-	-
BC	0.10	0.0009	-	-	-	-
Lack of fit	0.050	0.147	0.30	0.807	0.15	0.673
Pure error	0.013	-	0.04	-	0.12	-

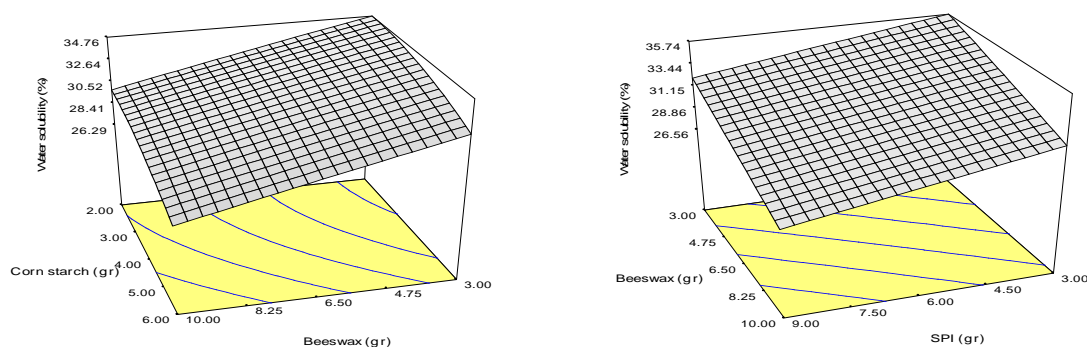


Fig 1 Response surface for the effect of (a) Soy protein isolate and Beeswax (Corn starch = 3 gr), and (b) Beeswax and Corn starch (Soy protein isolate = 6 gr) on Edible containers solubility in water

(از ۶ تا ۹ گرم) حلالیت ظروف خوراکی تولید شده در اسید افزایش یافت. بررسی تاثیر غلظت موم عسل بر درصد حلالیت ظروف خوراکی در اسید نیز روندی مشابه تاثیر ایزوله پروتئین سویا نشان داد به طوری که طبق نتایج افزایش موم عسل از ۳ تا ۶/۵ گرم نیز تاثیر منفی بر حلالیت در آب داشت، بنابراین کمترین حلالیت مربوط به ظرف خوراکی حاوی ۶/۵ گرم موم عسل بود و با افزایش موم عسل از ۶/۵ تا ۱۰ حلالیت ظرف خوراکی تولید شده در اسید افزایش یافت. حسین زاده و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی فیلم خوراکی بر پایه ایزوله پروتئین خنجر گزارش کردند که افزایش ایزوله پروتئین، حلالیت در اسید را کاهش داد به دلیل اینکه افزایش پروتئین باعث افزایش

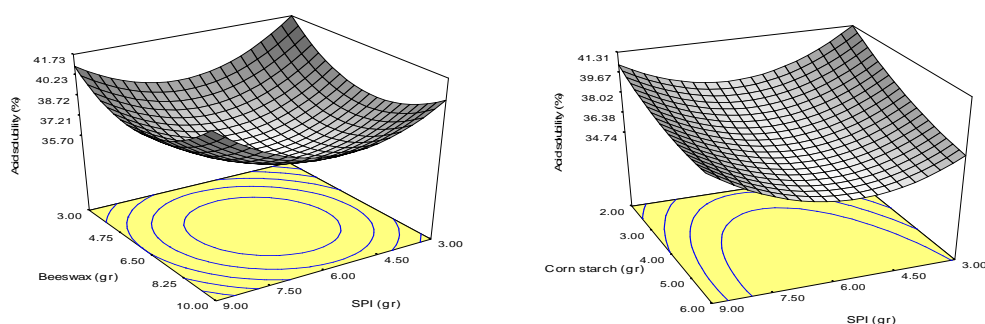
## ۲-۵- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر حلالیت در

### اسید

تاثیر متغیرهای مستقل بر درصد حلالیت ظروف خوراکی تولید شده در اسید به صورت شکل های سه بعدی سطح پاسخ در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس و شکل های سطح پاسخ نشان می دهد که با افزایش میزان ایزوله پروتئین سویا (از ۳ تا ۶ گرم) و نشاسته ذرت (از ۲ تا ۶ گرم) حلالیت ظروف خوراکی تولید شده در اسید کاهش یافت که بدین معنی است که با افزایش میزان ایزوله پروتئین سویا (از ۳ تا ۶ گرم) و نشاسته ذرت در فرمولاسیون ظروف خوراکی، مقاومت آن در برابر اسید افزایش می یابد. با افزایش میزان ایزوله پروتئین سویا

شده و در نتیجه ساختمان فیلم باز تر شده و فیلم محلول تر می گردد [۱۳]. ونگ و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی که بر روی فیلم های بیوپلیمری بر پایه کربوهیدرات و پروتئین انجام دادند برای فیلم ها بر پایه پروتئین ( سدیم کازئینات، ایزوله پروتئین آب پنیر و ژلاتین ) پایداری بیشتری در آب، اسید و قلیا از فیلم ها بر پایه پلی ساکارید ( کربوکسی متیل سلولز، سدیم آلژینات ) ثبت شد [۱۴].

پیوندهای هیدروژنی بین مولکول های پروتئین و آب گردیده و به حفظ ساختار فیلم در اسید کمک می کند. با افزایش اسید اولئیک، حلالیت در اسید افزایش یافت زیرا اسید اولئیک در ترکیب فیلم خوراکی مشابه نرم کننده عمل می کند در نتیجه با افزایش میزان ایزوله پروتئین و اسید اولئیک از میزان پیوندهای دی سولفیدی و هیدروژنی بین و داخل زنجیره ای پروتئین کاسته



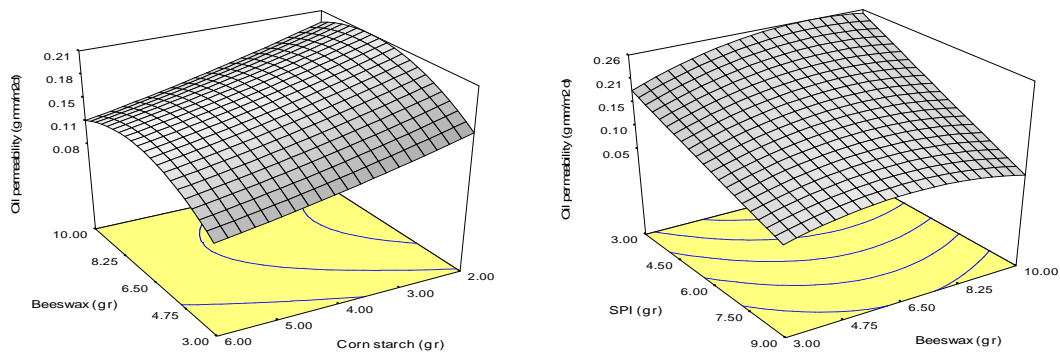
**Fig 2** Response surface for the effect of (a) Soy protein isolate and Corn starch (Beeswax = ۶.۵gr), and (b) Beeswax and Soy protein isolate (Corn starch = 3gr) on Edible containers Solubility in acid

همکاران (۱۳۹۲) به تولید و بررسی فیلم های خوراکی زیست تخریب پذیر از محصولات بر پایه ذرت ( نشاسته معمولی، نشاسته پری ژلاتینه، نشاسته اکسید شده و آرد ذرت ) پرداختند و گزارش کردند که نفوذپذیری نسبت به روغن فیلم نشاسته معمولی از سایر فیلم ها پایین تر بوده و فیلم نشاسته اکسید شده کمترین مقاومت را در برابر نفوذ روغن داشته است. به طور کلی با توجه به آبدوست بودن نشاسته، نفوذ روغن ها از خلال فیلم های نشاسته به کندی صورت گرفته و پایداری آنها در برابر روغن ها و چربیها مناسب است [۱۶]. طبق نتایج افزایش موم عسل از ۳ تا ۶/۵ گرم، نفوذپذیری به روغن ظروف خوراکی افزایش یافت و با افزایش موم عسل از ۶/۵ تا ۱۰ گرم، نفوذپذیری به روغن کاهش یافت.

### ۳-۵- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر نفوذپذیری

#### روغن

تأثیر متغیرهای مستقل بر نفوذپذیری به روغن ظروف خوراکی تولید شده به صورت شکل های سه بعدی سطح پاسخ در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس و شکل های سطح پاسخ نشان می دهد که با افزایش میزان ایزوله پروتئین ( از ۳ تا ۹ گرم) و نشاسته ذرت (از ۲ تا ۶ گرم) نفوذپذیری به روغن ظروف خوراکی تولید شده کاهش یافت. سرمدی زاده و همکاران (۱۳۸۹) با مطالعه اثر پوشش بر پایه ایزوله پروتئین سویا بر خواص خلال سیب زمینی سرخ شده گزارش کردند که پوشش دهی خلال های سیب زمینی میزان چربی را تا ۴۰ درصد در محصول سرخ شده کاهش داد [۱۵]. در تحقیقی حسینی و

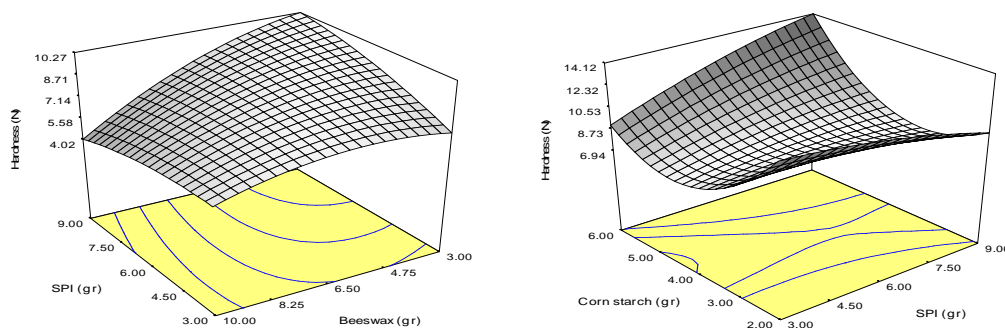


**Fig 3** Response surface for the effect of (a) Soy protein isolate and Beeswax (Corn starch =3gr), and (b) Beeswax and Corn starch (Soy protein isolate =7 gr) on Edible containers oil permeability

در محصول، سختی آن نیز به طور معنی دار ( $p < 0/05$ ) افزایش یافت [۱۷]. فاضل و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی تأثیر کتیرا، گلیسرول و روغن روی خصوصیات فیلم خوراکی بر پایه نشاسته سیب زمینی گزارش کردند که فیلم های پروتئینی و پلی ساکاریدی به علت برهم کنش بین پیوندهای بین مولکولی در درون پلیمر، اغلب سخت و شکننده هستند و افزودن روغن سبب کاهش برهم کنش های موجود در ساختار پلیمر شده و باعث بهبود انعطاف پذیری می شود [۱۸]. تلنز و کروچتا (۲۰۰۵) با بررسی اثر پلاستی سایزری موم عسل و موم کارنابا روی فیلم های پروتئین آب پنیر گزارش کردند که ترکیب موم عسل در فیلم های پروتئین آب پنیر یک اثر پلاستی سایزری در فیلم ایجاد کرد و باعث افزایش انعطاف پذیری فیلم شد [۱۹].

#### ۵-۴- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر سفتی بافت

تأثیر متغیرهای مستقل بر سفتی بافت ظروف خوراکی تولید شده به صورت شکل های سه بعدی سطح پاسخ در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس و شکل های سطح پاسخ نشان می دهد که با افزایش میزان نشاسته ذرت (از ۲ تا ۴ گرم) و موم عسل سفتی کاهش یافت. طبق نتایج با افزایش ایزوله پروتئین سویا و نشاسته ذرت (از ۴ تا ۶ گرم) سفتی افزایش یافت. بنابراین در مجموع فرمولاسیون ظروف خوراکی حاوی ۳ گرم ایزوله پروتئین سویا، ۱۰ گرم موم عسل و ۴ گرم نشاسته ذرت دارای کمترین سفتی بود. قیطران پور و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی اثر غنی سازی آرد گندم با ایزوله پروتئین سویا بر ویژگی های کیفی دونات تولید شده از آن طی زمان نگهداری پرداختند و مشاهده کردند با افزایش غلظت ایزوله پروتئین سویا



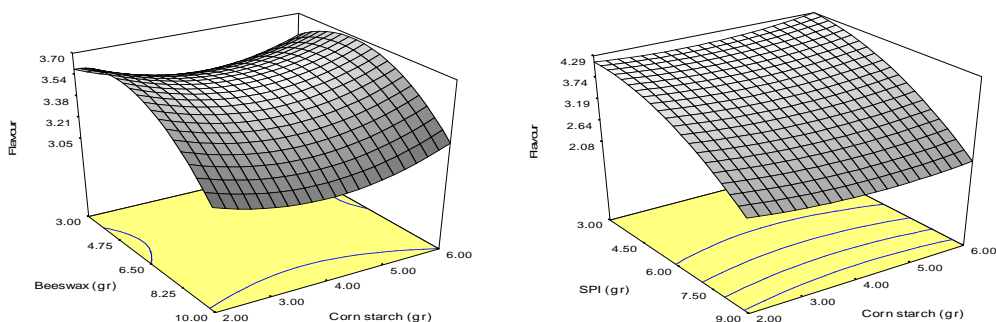
**Fig 4** Response surface for the effect of (a) Soy protein isolate and Corn starch (Beeswax =6.5gr), and (b) Beeswax and Soy protein isolate (Corn starch =3 gr) on Edible containers Hardness



موم عسل (از ۳ تا ۱۰ گرم) طعم و مزه کاهش یافت. و با افزایش نشاسته ذرت (از ۲ تا ۶ گرم) طعم و مزه افزایش یافت. بنابراین در مجموع فرمولاسیون ظروف خوراکی حاوی ۳ گرم ایزوله پروتئین، ۳ گرم موم عسل و ۶ گرم نشاسته ذرت دارای بیشترین طعم و مزه بود.

### ۵-۵- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر طعم و مزه

تأثیر متغیرهای مستقل بر طعم و مزه ظروف خوراکی تولید شده به صورت شکل های سه بعدی سطح پاسخ در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس و شکل های سطح پاسخ نشان می دهد که با افزایش میزان ایزوله پروتئین (از ۳ تا ۹ گرم) و

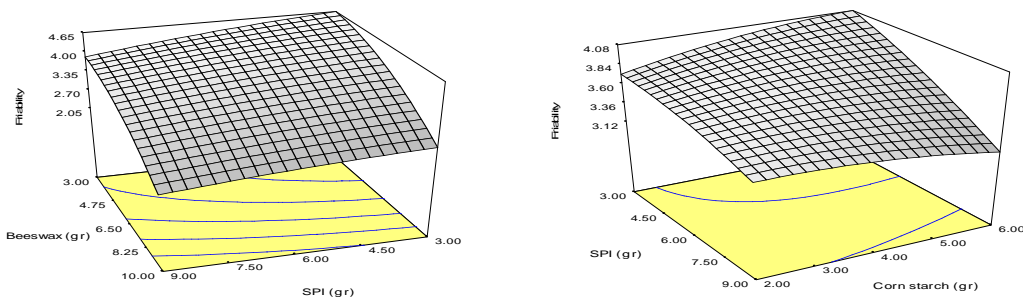


**Fig 5** Response surface for the effect of (a) Soy protein isolate and Corn starch (Beeswax = ۶.۵gr), and (b) Beeswax and Corn starch (Soy protein isolate = ۶gr) on Edible containers Flavour

گرم)، موم عسل (از ۳ تا ۱۰ گرم) و نشاسته ذرت (از ۲ تا ۶ گرم) تردی و شکنندگی ظروف خوراکی تولید شده کاهش یافت. بنابراین در مجموع فرمولاسیون ظروف خوراکی حاوی ۳ گرم ایزوله پروتئین، ۳ گرم موم عسل و ۲ گرم نشاسته ذرت دارای بیشترین تردی و شکنندگی بود.

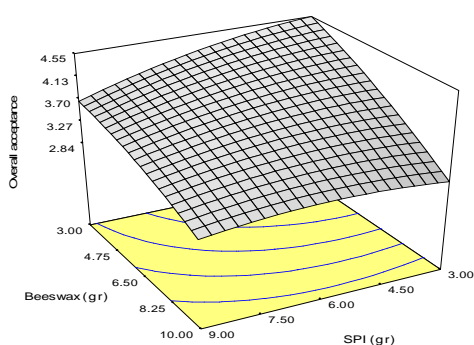
### ۵-۶- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر تردی و شکنندگی

تأثیر متغیرهای مستقل بر تردی و شکنندگی ظروف خوراکی تولید شده به صورت شکل های سه بعدی سطح پاسخ در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس و شکل های سطح پاسخ نشان می دهد که با افزایش میزان ایزوله پروتئین (از ۳ تا ۹



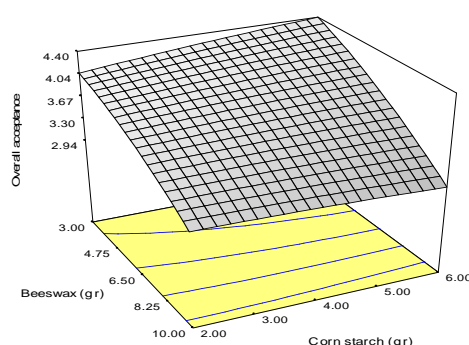
**Fig 6** Response surface for the effect of (a) Soy protein isolate and Corn starch (Beeswax = 6.5gr), and (b) Beeswax and Soy protein isolate (Corn starch = ۳gr) on Edible containers Friability

پاسخ نشان می دهد که با افزایش میزان ایزوله پروتئین سویا ( از ۶ تا ۹ گرم ) ، موم عسل ( از ۳ تا ۱۰ گرم) پذیرش کلی کاهش یافت. و با افزایش نشاسته ذرت ( از ۲ تا ۶ گرم) و ایزوله پروتئین سویا ( از ۳ تا ۶ گرم) پذیرش کلی افزایش یافت. بنابراین در مجموع فرمولاسیون ظروف خوراکی حاوی ۶ گرم ایزوله پروتئین سویا ، ۳ گرم موم عسل و ۶ گرم نشاسته ذرت دارای بیشترین پذیرش کلی بود.



## ۷-۵- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر پذیرش کلی

تأثیر متغیرهای مستقل بر تردی و شکنندگی ظروف خوراکی تولید شده به صورت شکل های سه بعدی سطح پاسخ در شکل ۷ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس و شکل های سطح



**Fig 7** Response surface for the effect of (a) Beeswax and Corn starch (Soy protein isolate=6gr), and (b) Beeswax and Soy protein isolate (Corn starch =3gr) on Edible containers total acceptance

سطوح پاسخ ها و متغیرهای مستقل تنظیم خواهد شد. برای این منظور حلالیت در آب، حلالیت در اسید، نفوذپذیری نسبت به روغن و تردی و شکنندگی در حداقل و طعم و مزه و پذیرش کلی در حداکثر و میزان سفتی بافت در محدوده در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل از بهینه سازی در جدول ۳ آورده شده است.

**Table 3** Optimization and verification of results

Independent variable	manimum	maximum	Optimal value
Soy protein isolate(gr)	3	9	7/28
Beeswax(gr)	3	10	6/58
Corn starch(gr)	2	6	6

## ۷-۶- بهینه یابی نهایی

شرایط عملیاتی بهینه برای ظروف خوراکی با استفاده از متغیرهای مستقل ایزوله پروتئین سویا، موم عسل و نشاسته ذرت بر روی پارامترهای درصد حلالیت در آب، حلالیت در اسید، نفوذپذیری نسبت به روغن، سفتی بافت و خواص حسی (شامل طعم و مزه، تردی و شکنندگی و پذیرش کلی) با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی<sup>۱</sup> نرم افزار Design Expert جستجو شد. در علم ریاضیات، واژه بهینه سازی عددی به مطالعه مسائلی اطلاق می شود که جستجو برای یافتن حداکثر یا حداقل یک تابع حقیقی با استفاده از گزینش سیستماتیک مقادیر متغیرهای حقیقی یا صحیح از میان یک مجموعه امکان پذیر انجام می شود. بدین منظور، در ابتدا اهداف بهینه سازی را مشخص کرده و سپس

1. Numerical optimization

perishable food product using biodegradable film and coating. *LWT-Food Science and Technology*. 29:10-17.

- [3] Cha, D.S., and Chinnan, M.S. 2004. Biopolymer-Based Antimicrobial Packaging: A Review *Journal of Food Engineering*, 76:280-290.
- [4] Javanmard, M., Golestan, L. 2010. Water vapor permeability based edible films Concentrated whey proteins and olive oil. *Iranian Chemical Engineering Journal – Vol.9 - No. 46*.
- [5] Mortazavian, A. M., Azizi, M. H., Sohrabvandi, S. 2010. Edible films: Qualitative parameters and production methods. *JFST Vol. 7, No. 4, Winter 2010*.
- [6] Zahedi, Y., Sedaghat, N., Ghanbarzadeh, B. 2012. Physical properties of edible emulsified films from pistachio oil cake globulin protein and stearic acid. *JFST No. 33(1), Vol. 8*.
- [7] Kaur, M., Sandhu, K.S., Arora, A., Sharma, A. 2014. Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. *LWT - Food Science and Technology xxx, (2014) 1-5*.
- [8] Gontard, N. & Guilbert, S. 1994. Bio-packaging: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. In: *Food Packaging and Preservation* (edited by M. Mthlouthi). Pp. 159–181. London: Blackie Academic and Professional.
- [9] Yan, Q., Hou, H., Guo, P., Dong, H. 2011. Effects of extrusion and glycerol content on properties of oxidized and acetylated corn starch-based films. Article in press, In *Carbohydrate Polymers*.
- [10] Sarmadizadeh, D., Badii, F., Ehsani, M.R., Maftoonazad, N., Goodarzi, F. 2010. Effects of soy-protein isolate coating on the properties of French fries using response surface methodology. *JFST No. 2, 75-86*.
- [11] Chinma, C.C., Ariahu, C.C., and Abu, J.O. 2012. Development and characterization of cassava starch and soy protein concentrate based edible films. *International Journal of Food Science and Technology*, 47: 383-389.
- [12] Chao, Z., Yue, M., Xiaoyan, Z., and Dan, M. 2010. Development of Soybean Protein -

## ۷- نتیجه گیری

در این پژوهش از روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی به منظور بررسی تاثیر مقدار ایزوله پروتئین سویا، موم عسل و نشاسته ذرت بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و مکانیکی ظروف خوراکی تولید شده استفاده شد. نتایج نشان داد حلالیت نمونه های فاقد ترکیبات تحت بررسی (نمونه شاهد) در آب و اسید به طور معنی داری نسبت به نمونه های تیمار بیشتر بود ( $p < 0.05$ ) که بدین معنی است که بکار بردن ترکیبات ایزوله پروتئین سویا، موم عسل و نشاسته ذرت در تولید ظروف خوراکی مورد نظر منجر به افزایش مقاومت ظروف خوراکی تولیدی در مقابل آب و اسید می باشد. همچنین طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها، نفوذپذیری نسبت به روغن نمونه های شاهد بیشتر از نمونه های تحت تیمار است و این اختلاف معنی دار می باشد ( $p < 0.05$ ). همچنین با بکار بردن ایزوله پروتئین سویا و نشاسته ذرت سختی بافت ظروف خوراکی تولیدی نسبت به نمونه شاهد افزایش معنی داری نشان داد. طبق نتایج، بکار بردن ترکیبات ذکر شده اگرچه منجر به افزایش مقاومت ظروف در برابر حلالیت نسبت به انواع حلالها و کاهش نفوذپذیری ظروف خوراکی می شود ولی این ترکیبات تاثیر منفی بر طعم و مزه ظروف خوراکی داشته و نسبت به نمونه شاهد خواص حسی پایین تری نشان داد. همچنین با استفاده از ترکیبات مذکور ظروف خوراکی از نظر تردی و شکنندگی بهبود یافته و انعطاف پذیرتر و در نتیجه کاربردی تر شد. در مجموع نمونه های تحت تیمار از نظر خواص مکانیکی و فیزیکوشیمیایی از شاهد بالاتر ولی از نظر خواص حسی در سطح پایین تری قرار داشت با اینکه از نظر پذیرش کلی در یک سطح قرار داشتند.

## ۸- منابع

- [1] Zahedi, Y., Sedaghat, N., Ghanbarzadeh, B. 2010. Palmitic acid effect on mechanical properties, thermal and permeability of pistachio globulin edible film. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, Vol. 6, No. 2, 2010, p. 91-99.
- [2] Guilbert, S., Gonard, N., and Gorris, L.G.M. 1996. Prolongation of the shelf-life of

- [16] Hosseini, F., Habibi Najafi, M.B., Oromiehie, A., Nasiri mahalati, M. and Yavarmanesh, M. 2013. Production of biodegradable edible films from corn based products and investigation of their physical and mechanical properties. JRIFST No.2, Vol.23.
- [17] Ghaitaranpour, A., Elahi, M., Najaf Najafi, M., Mohebbi, M. 2013. Studying the effect of wheat flour fortification with soy protein isolate on quality characteristics of doughnut during storage time. JRIFST No.4, Vol.3, 307-316.
- [18] Fazel, M., Azizi, M.H., Abbasi, S., Barzegar, M. 2012. Effect of tragacanth, glycerol and sunflower oil on potato starch based edible films. JFST No. 34, Vol. 9.
- [19] Talens, P., and Krochta, J.M. 2005. Plasticizing Effects of Beeswax and Carnauba Wax on Tensile and Water Vapor Permeability Properties of Whey Protein Films. . Journal of Food Science, Vol. 70, Nr. 3, 2005.
- Isolate Edible Films Incorporated with Beeswax, Span 20, and Glycerol. Journal of Food Science, Vol. 75, Nr. 6, 2010
- [13] Hoseinzadeh, A., Milani, E., Elhami Rad, A.H. & Haddad Khodaparast, M.H. 2014. Physicochemical and barrier properties of edible films based on protein isolated from grass pea (*Lathyrus sativus*) using response surface methodology. Iranian Journal of Pulses Research, Vol. 5, No. 2, p. 139-150.
- [14] Wang, L., Liu, L., Holmes, J., Kerry, J.F., and Kerry, J.P. 2007. Assessment of film-forming potential and properties of protein and polysaccharide-based biopolymer films. International Journal of Food Science and Technology 2007, 42, 1128–1138.
- [15] Sarmadizadeh, D., Badii, F., Maftoonazad, N., Ehsani, M. R., Ameri, A. 2013. Evaluating the effects of glycerol and sorbitol on the properties of edible soy protein-based films using response surface methodology. JFST No. 40, Vol. 10.

## Production of food containers suitable for packaging food and physicochemical and mechanical properties evaluated using Response Surface Methodology (RSM)

Saberi, F.<sup>1</sup>, Sedaghat, N.<sup>2\*</sup>, Milani, E.<sup>3</sup>, Koocheki, A.<sup>4</sup>

1. MSc student, Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
  2. Associate Prof, Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
  3. Assistant Prof, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR) of Mashhad, Mashhad, Iran.
  4. Associate Prof, Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
- (Received: 2015/08/18 Accepted: 2016/08/03)

Without doubt environmental pollution is one of the most important concerns of societies around the world. The aim of this study was evaluation making of edible containers suitable for food packaging and the effect of the concentration of isolated soy protein, corn starch and beeswax on some features mechanical, chemical food containers including solubility in water, soluble in acid, permeability to oil, texture and sensory evaluation With the help of central composite design, Formulation optimization was performed. Therefore, levels of soy protein isolate ( 3-9gr ), corn starch ( 2-6gr ) and beeswax ( 3-10gr ) on characteristics of the food containers were examined. The results indicated that an increasing in the amount of isolated soy protein decreases the water solubility, permeability to oil and total acceptance and increased the firmness ( $p<0/01$ ). Increasing the amount of beeswax decreased water solubility, total acceptance, oil permeability and firmness And increased solubility in acid ( $p<0/01$ ). with increasing in the amount of corn starch, decreased solubility in water, soluble in acid, oil permeability And increased total acceptance ( $p<0/01$ ). The results showed that the optimal formulation was more desirable at high levels of isolated soy protein, corn starch and beeswax And The best formulation was containing 7/28 gr soy protein isolate, 6 gr corn starch and 6/85 gr beeswax.

**Key words:** Beeswax, Corn starch, Edible containers, Response Surface Methodology, Soy protein isolate

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: sedaghat@ferdowsi.um.ac.ir