

بررسی ویژگی‌های کیفی میان وعده حجیم اکستروود شده حاوی پودر کامل سنجد

فخری شهیدی^۱، الناز میلانی^{۲*}، الهام انصاری فر^۳، محمد خلیلیان موحد^۴،
فریده صالحی پور^۵

۱- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

۳- استادیار علوم و صنایع غذایی، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند

۴- دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

۵- دانشجوی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۰)

چکیده

میان وعده‌ها بخشی از عادت غذایی جمعیت جهان می‌باشند. مصرف بالا و افزایش تنوع میان وعده‌های اکستروود در سال‌های اخیر مبین ضرورت توجه در باب افزایش کیفیت تغذیه‌ای آن‌ها در کنار پذیرش از سوی بازار مصرف می‌باشد. در این تحقیق، برپایه طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر تاثیر متغیرهای مستقل فرایند شامل پودر سنجد کامل (۱۵-۵ درصد)، میزان رطوبت (۲۰-۱۲ درصد) و سرعت چرخش ماردون اکستروود (۱۸۰-۱۲۰ دور در دقیقه) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و رنگ فراورده حجیم شده بر پایه ذرت-گندم بررسی گردید. نتایج نشان داد تاثیر افزودن آرد سنجد به صورت مستقل موجب افزایش دانسیته، سختی و حلالیت گردید؛ با این حال افزایش پارامتر سرعت چرخش ماردون سبب بهبود خصوصیات فراورده شد. بطوری‌که اثر همزمان افزایش سرعت چرخش و آرد سنجد دانسیته فراورده را کاهش داد. در حداقل میزان رطوبت افزایش سنجد تاثیری بر فاکتور سختی نداشت اما به تدریج با افزایش هردو پارامتر، سختی نمونه‌ها به طرز معنی‌داری افزایش یافت. افزایش میزان رطوبت و سرعت چرخش تاثیر بسزایی در روشن‌تر شدن رنگ نمونه‌ها داشت؛ اما افزایش سنجد روشنی را کاهش داد. شرایط بهینه تولید محصول اکستروود شده، شامل میزان رطوبت خوراک ۱۳/۸۷ درصد، میزان آرد سنجد ۵ درصد و سرعت چرخش ماردون ۱۶۶۷ دور بر دقیقه تعیین گردید.

کلید واژگان: میان وعده غذایی، اکستروژن، بلغور ذرت-گندم، آرد سنجد، فیبر

* مسئول مکاتبات: e.milani@jdm.ac.ir

۱- مقدمه

میان وعده ها محدوده وسیعی از محصولات غذایی را شامل می شوند. این غذاها به عنوان غذاهای سبک یا جایگزین بخشی از یک غذای معمول استفاده می شوند. به طور متعارف غذاهای میان وعده ای شامل میان وعده های پخته شده در فر یا سرخ شده می باشند. تعدادی از انواع مهم این فرآوردها از اکستروژن به عنوان بخش اصلی خط تولید استفاده می نمایند [۱]. با توجه به نقش مواد اولیه در افزایش ارزش غذایی محصولات اکستروود شده، محققین توجه خود را به تولید فرآورده هایی با خواص سلامتی بخش و متنوع به منظور حذف و یا کاهش مصرف شکر و ریزمغذی های سنتزی معطوف داشته اند [۲]. سنجد با نام علمی *Elaeagnus Angustifolia* میوه ای خاص نواحی ایران می باشد. این میوه در طب سنتی ایران کاربردهای فراوانی دارد. درسنجد ترکیبات پلی ساکاریدی (گلوکز، مانوز، گالاکتوز، فروکتوز و رامنوز)، فلاونوئیدها، فنل کربوکسیلیک اسیدها آمینواسیدها، ساپونین ها، کارتنوئیدها، ویتامین ها و تانن ها وجود دارد. اگر آرد و هسته میوه سنجد با هم آسیاب شود مصرف خوراکی آن بیماری آرتریز را درمان می کند [۳ و ۴]. امروزه استفاده از میوه سنجد بصورت تازه خوری بوده و کاربرد آن در صنایع تبدیلی بسیار محدود است، حال آنکه سنجد بدلیل غنی بودن از قند طبیعی و مقادیر فیبر بالا، پتانسیل مناسب برای کاربرد در فرمولاسیون انواع میان وعده های غذایی فراسودمند را داراست. سهران و همکارانش (۲۰۱۳) پودر سنجد در سطوح ۵ تا ۲۵ درصد را جایگزین آرد گندم در فرمول کلوچه کرده و افزایش سختی، تیرگی رنگ بافت کلوچه را مشاهده نموده ولی از لحاظ تغذیه ای کلوچه غنی شده حاوی فیبر بیشتر و کالری کمتر بود و مصرف کنندگان کلوچه حاوی ۵ درصد پودر سنجد را مطلوب ارزیابی نمودند [۵]. نتایج وطن دوست و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد تیمار حاوی ۱۰ درصد پودر سنجد در فرمولاسیون نان همبرگر به دلیل افزایش میزان فیبر، سختی کمتر، تعویق در فرایند بیاتی و پذیرش بالاتر، تیمار مطلوب معرفی گردید [۶]. مطابق نتایج ایوبی و همکاران (۱۳۹۷) جایگزین شدن ۵ و ۱۰ درصد آرد گندم با آرد سنجد به عنوان یک ماده اولیه عملگر در تهیه کیک ترکیب مناسبی فراهم نمود. گندم به دلیل عملکرد مناسب پخت در مقایسه با غلات

مهمترین محصول برای تهیه میان وعده ها به شمار می رود. از این رو؛ هدف از پژوهش حاضر تولید فرآورده میان وعده بر پایه بلغور ذرت-گندم حاوی پودر سنجد بود. اثر درصد جایگزینی آرد سنجد، رطوبت خمیر ورودی و سرعت چرخش ماردون بر شاخص حلالیت در آب، ویژگی های بافتی و انبساطی نظیر سختی ۱، دانسیته و پارامترهای رنگی فرآورده اکستروود بررسی گردید.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد اولیه

بلغور ذرت از شرکت ذرت طلایی و آرد گندم (ستاره) از شرکت نان مزرعه تهیه شد. میوه خشک شده سنجد گونه هلاگنوس از بارا محلی تهیه، تمیز و بطور کامل توسط آسیاب چکشی آزمایشگاهی، آسیاب گردید. به منظور دانه بندی یکنواخت، آرد آسیاب شده، از الک با مش ۵۰ عبور داده شدند.

۲-۲- پخت اکستروژن

پخت اکستروژن توسط اکسترودر دو ماریچ با چرخش هم جهت مدل DS56 ساخت شرکت Jinan Saxin کشور چین انجام پذیرفت. پایه اکسترودر ترکیبی از بلغور ذرت - گندم به نسبت ۵۰-۵۰ بود. با افزودن آب مقطر، رطوبت خمیر ورودی تنظیم شد. برای کاهش کلوخه های تشکیل شده، پس از افزودن آب، آرد از الک عبور داده شد. در این پژوهش، فرایند اکستروژن با سرعت ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ دور بر دقیقه، رطوبت خوراک ۱۲، ۱۶ و ۲۰ درصد و درصد جایگزینی آرد غناب ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد، سرعت ورودی ۲۴ گرم بر دقیقه، قطر دای ۴ میلی متر و دمای ثابت ۱۵۰ درجه سانتی گراد انجام شد. در نهایت فرآورده ی حجیم شده به مدت ۲ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد برای رسیدن به رطوبت ۶ درصد خشک گردید [۷].

۲-۳- دانسیته توده

دانسیته میان وعده با روش جابه جایی با دانه های ارزن طبق روش استاندارد (۲۰۰۰) AACC به شماره ۱۰-۰۵ انجام شد [۸].

۲-۴- حلالیت در آب

۰/۵ گرم از نمونه آسیاب شده در لوله فالكون ۱۵ میلی لیتر ریخته و ۱۰ سی سی آب مقطر به آن افزوده شد. نمونه به مدت ۲۰ دقیقه به هم زده شد. سپس در دستگاه سانتریفوژ به مدت ۲۵ دقیقه و با سرعت $3000 \times g$ سانتریفوژ گردید [۹].

حلالیت در آب براساس معادله زیر و با استفاده از آن هوای داغ در ۱۰۵ درجه سانتی گراد محاسبه شد.

$$Mds = \text{وزن ماده جامد خشک بر حسب گرم}$$

$$WSI = \frac{Mds}{Ms}$$

۲-۵- سختی

برای اندازه گیری سختی بافت، ابتدا نمونه به وسیله آن تا رسیدن به رطوبت ۶ درصد خشک گردید. زیرا این رطوبت برای اندازه گیری بافت مطلوب در نظر گرفته می شود. اندازه گیری سختی با دستگاه بافت سنج مدل (AMETEK lloyd, TA-Plus instrments Ltd, USA) انجام شد. نمونه ها به وسیله ی پروب استوانه ای ۲ mm و بارگذاری پروب تا ۱۰۰ N و با سرعت نفوذ 1 mms^{-1} به میزان ۷۰ درصد قطر نمونه اولیه تحت فشار قرار گرفت [۱۰].

۲-۶- پارامترهای رنگی

برای اندازه گیری پارامترهای رنگی، از روش پردازش تصویر استفاده شد. برای این منظور، نمونه های میان وعده برای اندازه گیری تخلخل ابتدا به وسیله ی چاقوی تیز با احتیاط به صورت طولی به دو نیم تقسیم شدند. تصویربرداری با استفاده از دوربین CANON مدل Canon Eos 1000D در اتاقک مخصوص این کار که دارای دیواره های سیاه بود انجام شد. تصاویر گرفته شده به نرم افزار فتوشاپ CS5 منتقل و برش قسمت دلخواه انجام شد و بعد از حذف layer از قسمت پشت زمینه، تصویر با فرمت JPG ذخیره شد. سپس تصویر به نرم افزار Image J انتقال یافت. از آنجا که پارامترهای

رنگی $L^*a^*b^*$ وابسته به ابزار اندازه گیری نبوده، بدون توجه به خروجی یا ورودی، رنگ یکنواختی را فراهم می کنند، تصاویر به دست آمده از فضای رنگی RGB به فضای رنگی $L^*a^*b^*$ تبدیل شدند. مقادیر L^* به عنوان شاخص روشنی هست و بین صفر (سیاه رنگ) تا ۱۰۰ (سفید رنگ) متغیر است، مقادیر a^*+a^* شاخص قرمزی و مقادیر a^*-a^* شاخص سبزی نمونه ها هست و b^*+b^* برای شاخص زردی و b^*-b^* برای شاخص آبی نمونه ها گزارش می شود [۱۱].

۲-۷- طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل

آماري

طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر شامل مجموعه ای از تکنیک های آماری بوده و در بهینه سازی فرایندهایی بکار می رود که پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تاثیر قرار می گیرد. شمای گرافیکی مدل ریاضی سبب تعریف واژه ی متدولوژی سطح پاسخ شده است. با کمک این طرح آماری، تعداد آزمایش ها کاهش یافته و کلیه ضرایب مدل رگرسیون و درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها، قابل برآورد هستند. مهمترین مسئله این تحقیق بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورها بود، از این رو طرح آماری سطح پاسخ انتخاب شد. در این مطالعه اثر متغیرهای مستقل شامل A آرد کامل سنجد، B رطوبت خوراک و C سرعت ماردون، در جدول (۱) نشان داده شده است. شش تکرار نقطه مرکزی برای تخمین خطای آزمایش استفاده شد. در مرحله دوم طرح آماری گزینش شده و رابطه مدل مورد استفاده برای پیش بینی، برازش شده و مورد ارزیابی قرار می گیرد. مرحله سوم شامل ارائه گرافیکی رابطه مدل و تعیین شرایط عملیاتی بهینه بود و توسط نمودار سطح پاسخ و کنتور انجام پذیرفت. شرایط عملیاتی بهینه، با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی جستجو شد.

Table 1 Levels of independent variables

Independent variables	Symbol	Code and relevant level		
		+1	0	-1
Oleaster Flour (%)	A	15	10	5
Feed Moisture (%)	B	20	16	12
Screw speed (rpm)	C	180	150	120

۳- نتایج و بحث

مشاهده است. برای اندازه گیری رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی از روش AAAC استفاده گردید [۸].

در جدول ۲ خصوصیات فیزیکوشیمیایی مواد اولیه قابل

Table 2 Chemical composition of raw materials (wb %)

Ingredient	Moisture	Fiber	Fat	Ash	Protein	Carbohydrate
Oleaster Flour	8.5	4.72	1.31	1.96	6.92	50.6
wheat flour	12.43	1.8	0.88	0.48	8.68	-
Corn grits	12.1	1.2	2.4	0.92	9.62	-

Table 3 Results of analysis variance (ANOVA) parameters (Density, WSI and Hardness)

source	Density			WSI			Hardness		
	Sum of squares	df	F	Sum of squares	df	F	Sum of squares	df	F
A	0.043	1	0.0002	107.14	1	0.0001	28.82	1	0.0017
B	0.032	1	0.0006	22.63	1	0.0059	217.25	1	0.0001
C	0.0008	1	0.4527	66.71	1	0.0001	84.45	1	0.001
AB	0.010	1	0.194	-	-	-	38.22	1	0.006
AC	0.001	1	0.3330	-	-	-	6.59	1	0.0696
BC	0.00009	1	0.7953	-	-	-	102.32	1	0.0001
A ²	0.006	1	0.0519	-	-	-	0.89	1	0.4712
B ²	0.014	1	0.0097	-	-	-	24.20	1	0.0030
C ²	0.003	1	0.1304	-	-	-	0.66	1	0.5341
Model	0.13	9	0.0005	196.48	3	0.0001	545.04	9	0.0001
Residual	0.13	10		35.94	16		15.95	10	
Lack of fit	0.0006	5	0.5223	23.46	11	0.6174	12.83	5	0.0736
Pure error	0.006	5		12.48	5		3.12	5	
Cor total	0.14	19		232.42	19		560.99	19	
R ²	0.90			0.84			0.97		
Adj-R ²	0.81			0.81			0.94		
CV	9.09			5.32			2.94		

A: The linear coefficient of Oleaster Flour (%), B: The linear coefficient of Feed Moisture (%), C: The linear coefficient of Screw speed (rpm), AB: The coefficient of interaction of Oleaster Flour and Feed Moisture, AC: The coefficient of interaction of Oleaster Flour and Screw speed, BC: The coefficient of interaction of Feed Moisture and Screw speed, A²: The double effect of Oleaster Flour, B²: The double effect of Feed Moisture, C²: The double effect of Screw speed.

Table 4 Results of analysis variance (ANOVA) color parameters (L*, a* and b*)

source	L*			a*			b*		
	Sum of squares	df	F	Sum of squares	df	F	Sum of squares	df	F
A	186.48	1	0.0001	25.01	1	0.0001	10.43	1	0.0003
B	5.70	1	0.0259	2.61	1	0.0021	11.07	1	0.0002
C	4.53	1	0.0436	2.53	1	0.0023	0.17	1	0.4974
AB	-	-	-	2.54	1	0.0023	6.04	1	0.0020
AC	-	-	-	0.011	1	0.7972	0.93	1	0.1343
BC	-	-	-	1.51	1	0.0106	0.001	1	0.9442
A ²	-	-	-	0.002	1	0.9019	6.79	1	0.0013
B ²	-	-	-	0.78	1	0.0476	3.26	1	0.0124
C ²	-	-	-	0.40	1	0.1391	3.3	1	0.0119
Model	196.71	3	0.0001	37.76	9	0.0001	45.86	9	0.0001
Residual	5.11	16	-	1.54	10		3.52	10	
Lack of fit	7.59	11	0.8692	1.18	5	0.1082	2.06	5	0.3558
Pure error	7.52	5		0.36	5		1.46	5	
Cor total	211.83	19		39.30	19		49.37	19	
R ²	0.92			0.96			0.92		
Adj-R ²	0.91			0.92			0.86		
CV	1.11			3.03			5.99		

A: The linear coefficient of Oleaster Flour (%), B: The linear coefficient of Feed Moisture (%), C: The linear coefficient of Screw speed (rpm), AB: The coefficient of interaction of Oleaster Flour and Feed Moisture, AC: The coefficient of interaction of Oleaster Flour and Screw speed, BC: The coefficient of interaction of Feed Moisture and Screw speed, A²: The double effect of Oleaster Flour, B²: The double effect of Feed Moisture, C²: The double effect of Screw speed.

۳-۱- تاثیر متغیرهای فرایند بر دانسیته توده

میان وعده حجیم

دانسیته توده بیانگر افزایش حجم در تمامی ابعاد فراورده اکستروژ شده می‌باشد، دانسیته توده دارای رابطه‌ای معکوس با ضریب انبساط بوده و مقادیر پایین آن از ویژگی‌های مطلوب در میان وعده‌های اکستروژ می‌باشد [۲ و ۱].

مدل چند جمله‌ای درجه دوم برای دانسیته توده از نظر آماری معنی دار بود. اثر خطی آرد سنج، رطوبت و روابط متقابل آرد

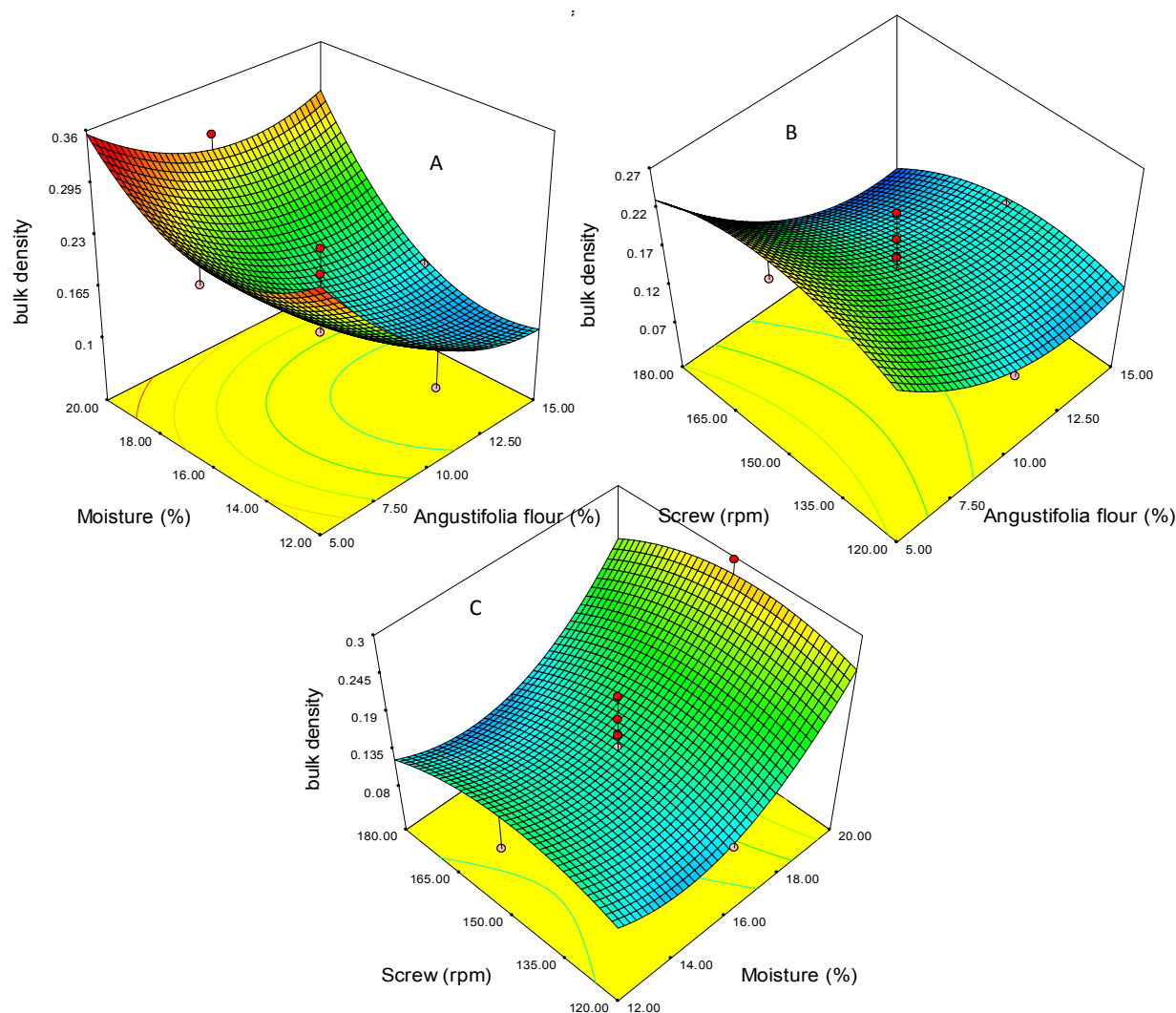


Fig 1 Response surface diagram of the effect processing parameters of on bulk density. A: Oleaster Flour and Feed Moisture, B: Oleaster Flour and Screw speed, C: Feed Moisture and Screw speed.

مشابهی توسط Potter و همکاران (۲۰۱۳) و هاشمی و همکاران (۲۰۱۷) به ترتیب اثر پودر میوه بر محصول اکستروژ ذرت-تفاله پرتقال و ذرت-کنجاله کنگد، گزارش شد [۹ و ۱۲]. میزان رطوبت از فاکتورهای اصلی موثر بر دانسیته

پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای نظیر فیبرها می‌توانند در طی فرایند اکستروژن اتصال قوی تری نسبت به پروتئین و نشاسته با آب برقرار کنند و این اتصال می‌تواند با محدود کردن آب در دسترس، سبب افزایش چگالی توده گردد [۹]. نتایج

درجه دوم برای سختی از نظر آماری معنی دار بود. تمام پارامترها به صورت مستقل، روابط متقابل آرد-سنگد-رطوبت و رطوبت-سرعت چرخش ماردون و توان دوم رطوبت بر سختی محصولات اکستروود شده، معنی دار بودند ($p < 0.05$). با توجه به شکل اثر متقابل آرد-سنگد-رطوبت (۲-الف) مشاهده می شود، با افزایش میزان آرد سنگد، میزان سختی محصولات اکستروود شده بر پایه گندم-ذرت افزایش یافت. این امر می تواند به مقدار بیشتر فیبر در آرد سنگد نسبت به آرد ذرت و گندم نسبت داد. فیبرها با کاهش نسبت نشاسته در فرمول، باعث کاهش ژلاتیناسیون شده و رشد حباب کاهش و گاهی پارگی زودرس در حباب‌های هوا ایجاد و بافت نمونه سخت تر می شود [۱۳]. نتایج مشابهی توسط Potter و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شده است [۱۲]. همانطور که در شکل (۲-ب) مشاهده می شود با افزایش میزان رطوبت، میزان سختی فراورده حجیم افزایش ($p < 0.05$) و با افزایش سرعت ماردون، کاهش ($p < 0.05$) یافت.

توده می باشد؛ با افزایش رطوبت، دانسیته محصولات افزایش یافت. افزایش رطوبت سبب کاهش دمای محفظه شده، شدت ژلاتینه شدن کاهش یافته و دانسیته افزایش می یابد [۱۳ و ۱۴]. با افزایش سرعت ماردون، چگالی فراورده حجیم کاهش یافت. سرعت های بالای مارپیچ بواسطه نیروی برشی بالا می تواند باعث کاهش ویسکوزیته ی گدازه در حال اختلاط و افزایش الاستیسیته خمیر گردد که نهایتا منجر به کاهش دانسیته فراوردهای اکستروود می شود. افزایش سرعت چرخش مارپیچ بر درجه پُری و زمان ماند گدازه در پوسته، تجزیه شبکه آمیلوپکتین و تغییر ویژگی های رئولوژیکی گدازه تاثیرگذار است [۱۳]. نتایج حاصل با نتایج Alam و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت داشت [۱۵].

۳-۲- تاثیر متغیرهای فرایند بر سختی میان وعده

حجیم

سختی، بیشترین نیروی مورد نیاز پروب برای نفوذ به داخل نمونه می باشد. هر چه میزان بیشینه نیرو بیشتر باشد، میزان سختی نیز بیشتر است [۹]. همان طور که در جدول نتایج آنالیز واریانس (۲) نشان داده شده است، مدل چند جمله ای

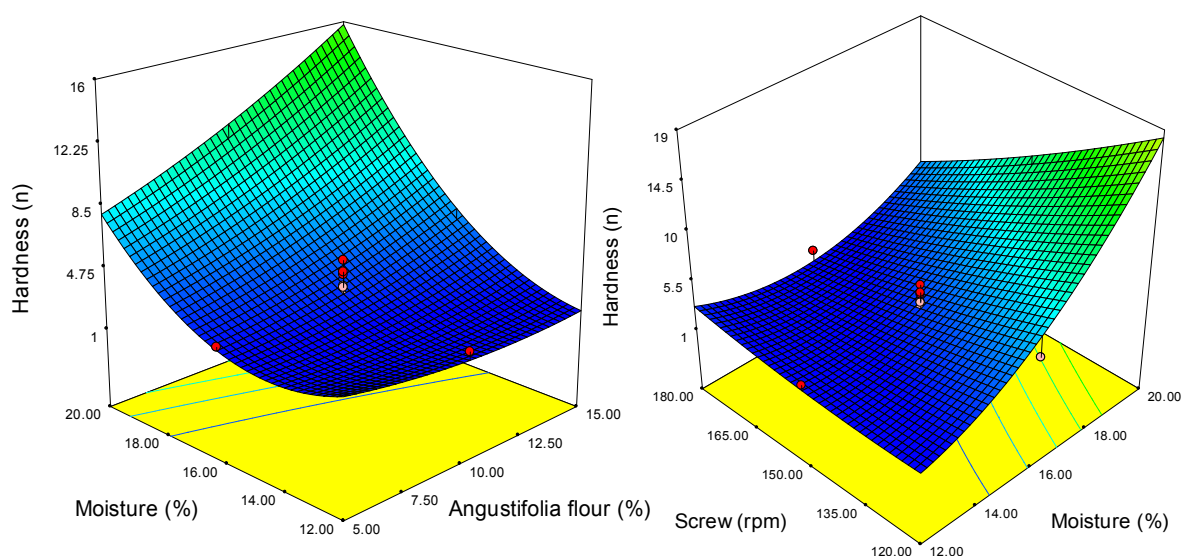


Fig 2 Response surface diagram of the effect processing parameters of on Hardness. A: Oleaster Flour and Feed Moisture, B: Feed Moisture and Screw speed.

رطوبت بالا به عنوان یک روان کننده عمل کرده و اثر دمای محفظه را کاهش می‌دهد. در نتیجه میزان پخت خوراک کاهش یافته و منجر به کاهش میزان انبساط محصول می‌گردد [۹ و ۲]. در واقع رطوبت بالا، تشکیل حباب‌ها و سلول‌های هوا در محصول اکستروود شده را کاهش می‌دهد و باعث فشردگی شدن حباب‌ها و کاهش تبدیل نشاسته خام به پخته شده می‌شود که این امر منجر به متراکم شدن بافت و افزایش سختی فراورده می‌گردد [۱۶]. افزایش سرعت چرخش ماردون ممکن است با تاثیر بر میزان ژلاتیناسیون نشاسته و تجزیه ی مولکولی بر میزان سختی فراورده تاثیر بگذارد [۹]. افزایش سرعت چرخش ماردون سبب افزایش انرژی مکانیکی مخصوص می‌شود که اثر مثبت روی میزان انبساط دارد، بنابراین سختی بافت کاهش می‌یابد [۱۷]. نتایج حاصل با نتایج برخی پژوهشگران مطابقت داشت [۲، ۹ و ۱۳].

۳-۳- تاثیر متغیرهای فرایند بر حلالیت میان

وعده حجیم

شاخص انحلال، میزان تورم گرانول‌ها و تجزیه مولکولی بوده و بیانگر میزان پلی ساکاریدهای محلول آزاد شده از اجزا نشاسته بعد از اکستروژن و تولید ترکیباتی با وزن مولکولی کم می‌باشد [۱۸]. همان طور که در جدول-۲ نشان داده شده است، مدل خطی برای شاخص حلالیت از نظر آماری معنی دار بود ($p < 0.05$). پارامترهای درصد آرد سنجید، رطوبت مخلوط ورودی و سرعت چرخش ماردون به طور مستقل بر شاخص حلالیت آب محصولات اکستروود شده با پایه ذرت-گندم معنی دار بودند. با افزایش درصد آرد سنجید میزان

شاخص انحلال در آب افزایش یافت (شکل ۳- الف). براساس پژوهش نیاستی و همکاران (۱۳۹۷)، طی فرایند اکستروژن حلالیت فیبرهای رژیمی افزایش می‌یابد که نشان دهنده پتانسیل اکستروژن در تغییر ساختار مولکول‌ها می‌باشد [۱۳]. طی فرایند اکستروژن، فیبرهای رژیمی محلول (SDF^2) به دلیل تغییر فرم دادن مقداری از فیبرهای نامحلول (IDF^3) به SDF افزایش می‌یابد [۱۹]. بنابراین حضور مواد محلول در آرد سنجید منجر به افزایش WSI می‌گردد. در پژوهش Singh و همکاران (۲۰۰۷) اکسترویدیت بر پایه آرد برنج با افزودن بلغور نخود میزان شاخص حلالیت افزایش یافت؛ این امر بواسطه کاهش نشاسته و افزایش میزان سیوس در فرمولاسیون قابل توجه است [۲۰]. مطابق شکل (۳- الف) با افزایش درصد رطوبت، شاخص انحلال کاهش یافت؛ زیرا با افزایش رطوبت خوراک، زمان ماند داخل اکسترودر کاهش یافته و از این رو میزان اثر برشی، تجزیه و دپلمزیره شدن نشاسته کاهش می‌یابد [۱۲، ۱۶ و ۲۰]. مکانیسم غالب تخریب نشاسته در رطوبت های پایین دکسترینه شدن می باشد. بنابراین، انتظار می رود محصولات اکستروود شده در رطوبت های پایین به دلیل دکسترینه شدن نشاسته، WSI بالاتری داشته باشد، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت [۳ و ۱۱]. با افزایش سرعت چرخش ماردون از ۱۲۰ تا ۱۸۰ دور بر دقیقه، میزان انحلال در آب افزایش یافت (شکل ۴- ب). این پدیده ناشی از توسعه برش مکانیکی با افزایش سرعت ماردون؛ تجزیه مولکول های بزرگ و کاهش وزن مولکولی می باشد [۲۱].

2. Soluble Dietary Fiber
3. Insoluble Dietary Fiber

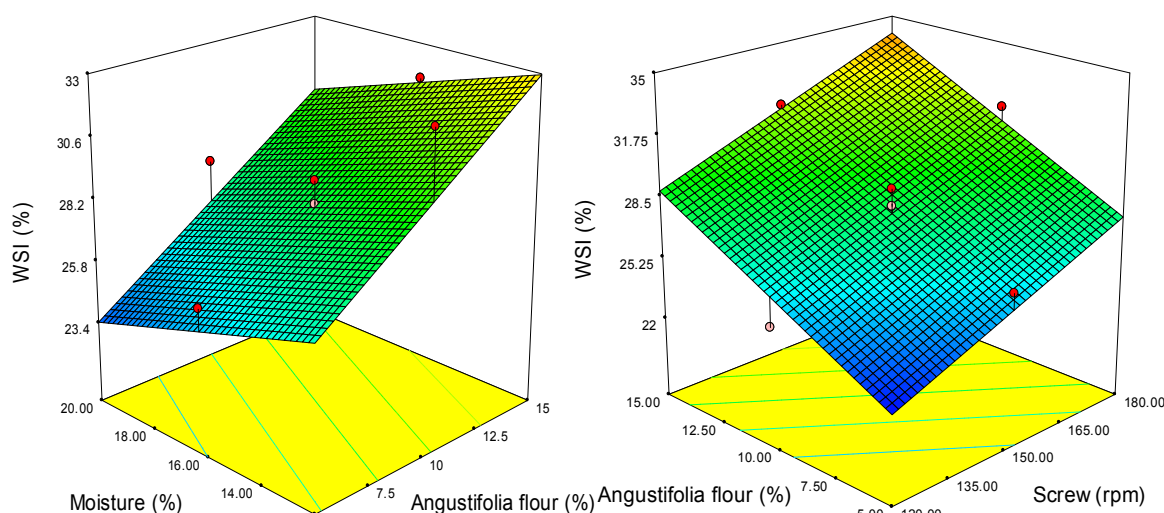


Fig 3 Response surface diagram of the effect processing parameters of on WSI. A: Oleaster Flour and Feed Moisture, B: Oleaster Flour and Screw speed.

پودر سنجد کامل قابل توجه است [۳]. همچنین بدلیل حضور پیگمان‌های قهوه‌ای رنگ در پودر سنجد کامل (بوژه پوست سنجد) تیرگی بیشتری در محصول مشاهده می‌گردد [۴]. مشابه این نتایج توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است [۱، ۱۵ و ۲۱].

افزایش ۳ تا ۱۵٪ سطح جایگزینی سنجد با گندم در نان کاهش معنی داری روشنی بافت در مقادیر بیش از ۹٪ پودر سنجد مشاهده شد [۶].

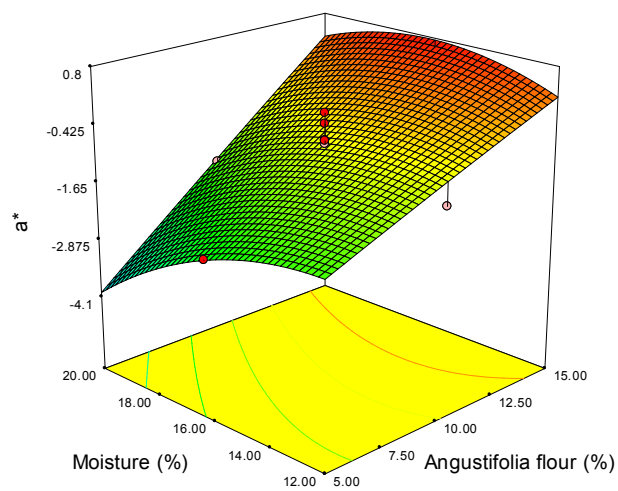
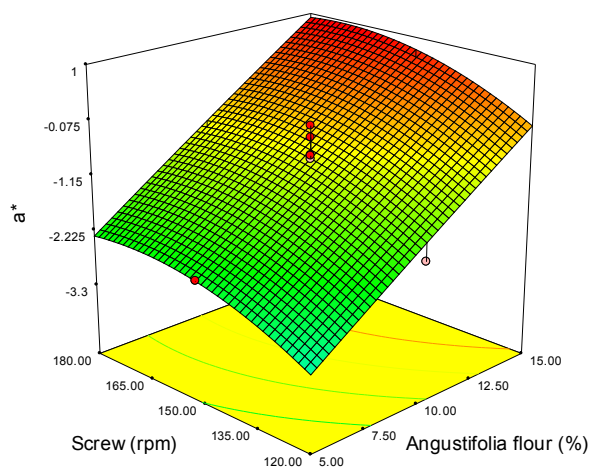
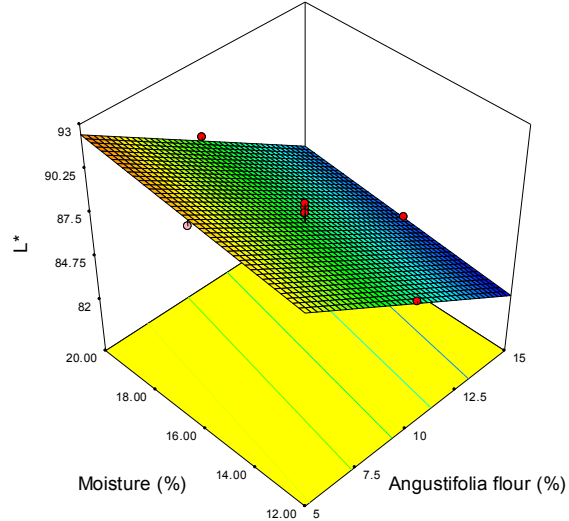
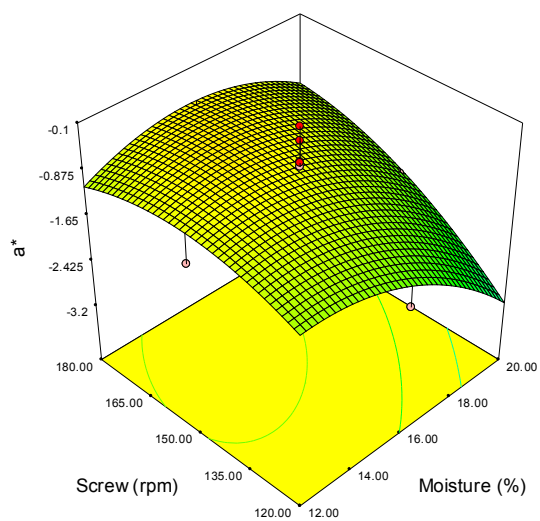
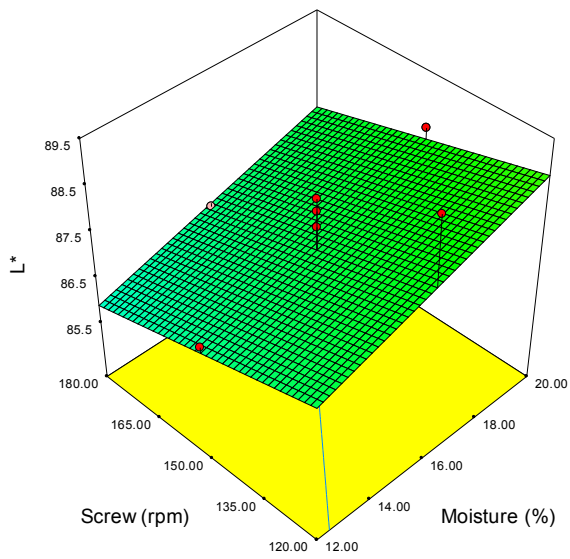
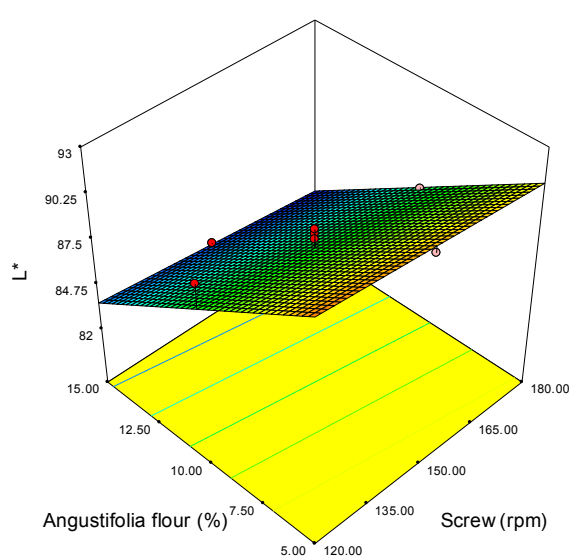
افزایش سرعت مارپیچ به دلیل تسهیل واکنش بین پروتئین و قندهای احیا سبب تیره تر شدن رنگ فراورده می شود. همچنین کاهش مقدار رطوبت به دلیل اثرات رقابتی مختلف، روشنایی را کاهش می دهد. در حقیقت دمای بالا همراه با رطوبت پایین، شرایط تشدید کنندگی واکنش مایلارد هستند [۱۲]. با افزایش رطوبت، میزان روشنایی، زردی افزایش و قرمزی فراورده کاهش یافت؛ می توان این گونه توجیه کرد که با افزایش میزان رطوبت مقدار گرمای تولیدی در اثر اصطکاک کاهش یافته، در نتیجه واکنش مایلارد که عامل تیره شدن رنگ است کمتر رخ داده و از شدت رنگ کاسته می شود. هم چنین در این شرایط میزان تخریب رنگدانه های ذرت کمتر شده و فاکتور زردی افزایش یافته است [۲۲]. Yagci و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که افزایش میزان رطوبت شاخص قرمزی را کاهش می دهد [۲].

۳-۴- تاثیر متغیرهای فرایند بر مولفه های

سنجش رنگ میان وعده حجیم

رنگ اولین و مهمترین فاکتور کیفی در جذب مصرف کننده است. به عبارت دیگر تغییرات رنگ در طول فرایند اکستروژن می تواند به عنوان یک شاخص بصری جهت ارزیابی شدت فرایند در خصوص تغییرات شیمیایی و ترکیبات مغذی ماده غذایی استفاده شود [۱۱]. در نتایج جدول ۴ نتایج آنالیز واریانس، مدل خطی و اثر مستقل پارامتر آرد سنجد، رطوبت و سرعت چرخش ماردون برای مولفه رنگی روشنایی (L^*)، مدل چند جمله ای درجه دوم، اثر مستقل پارامترهای درصد آرد سنجد، سرعت چرخش ماردون، رطوبت ورودی، اثر متقابل آرد سنجد-درصد رطوبت، درصد رطوبت-سرعت چرخش ماردون و توان دوم درصد رطوبت برای مولفه رنگی قرمزی (a^*) و مدل چند جمله ای درجه دوم به همراه تاثیر مستقل پارامتر درصد آرد سنجد، درصد رطوبت، اثر متقابل آرد سنجد-درصد رطوبت و توان دوم آرد سنجد، درصد رطوبت و سرعت چرخش ماردون برای مولفه رنگی زردی (b^*) از نظر آماری معنی دار بودند ($p < 0.05$).

مطابق شکل ۴ افزایش آرد سنجد و سرعت چرخش ماردون باعث کاهش میزان روشنایی، زردی و افزایش قرمزی فراورده شد. این پدیده به دلیل افزایش شدت واکنش های قهوه ای شدن (مایلارد و کاراملیزاسیون) و بالا بودن میزان قند (۵۰/۶ درصد)



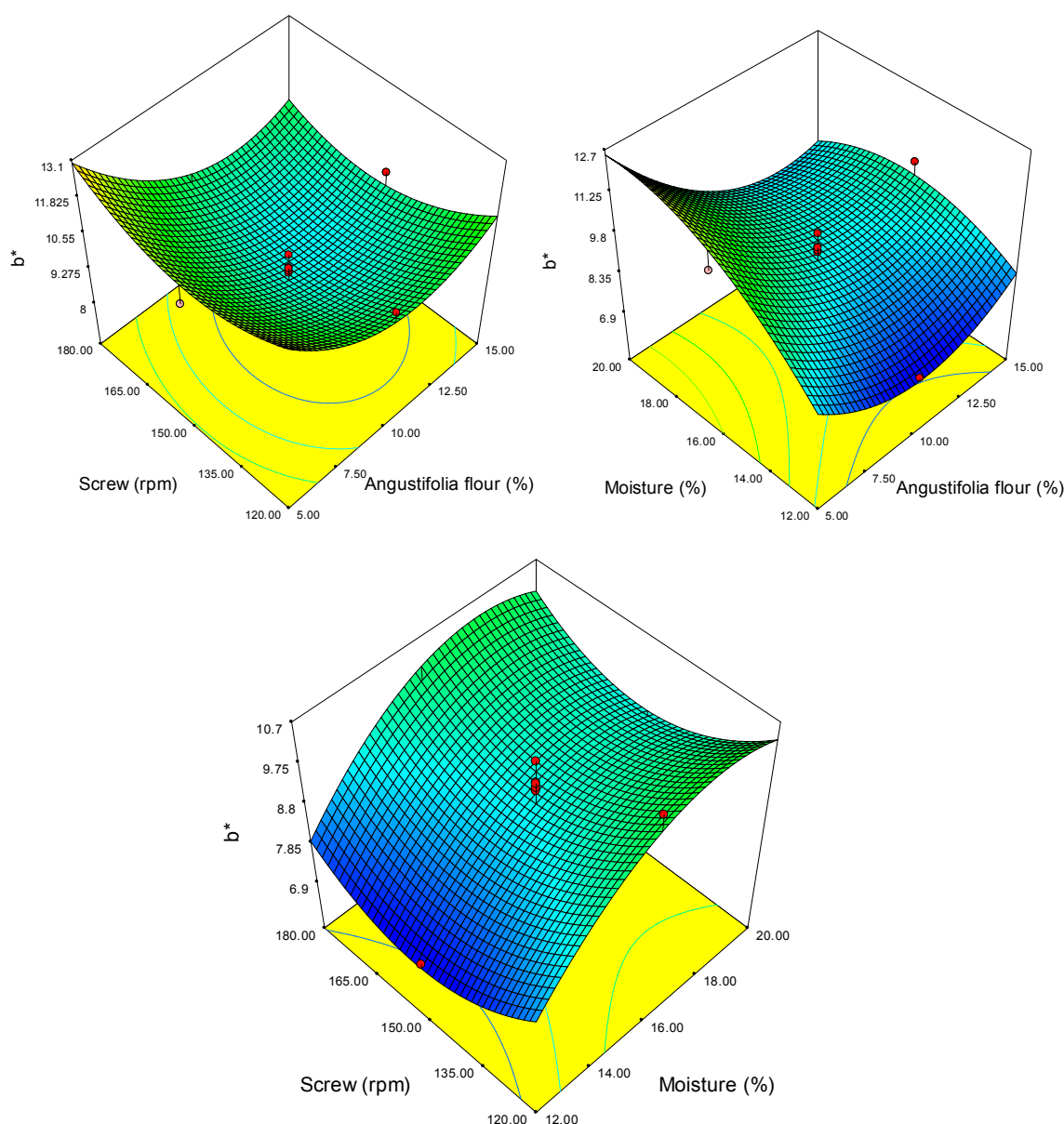


Fig 4 Response surface diagram of the effect processing parameters of on color parameters (L^* , a^* and b^*).

۱۳/۸۷ درصد و سرعت چرخش ماردون ۱۶۶/۷۳ دور بر دقیقه تعیین گردید.

۴- نتیجه گیری

صنعت غذا از جمله صنایع مولد و استراتژیک به شمار می‌رود که نقش مهمی در توسعه فناوری، خودکفایی کشور و ایجاد ارزش افزوده محصولات کشاورزی بر عهده دارد. افزایش دانش تغذیه ای و تغییر سبک زندگی مردم، توجه محققین را به استفاده از محصولات کشاورزی و گیاهان با ارزش غذایی بالا معطوف داشته است. با توجه به آثار سوء حضور قند بالا

۳-۵- بهینه سازی فرمولاسیون و شرایط فرایند

اکستروژن جهت تولید میان وعده فراسودمند

در این پژوهش، هدف از بهینه سازی بهبود ویژگی‌های کیفی و تکنولوژیکی میان وعده حجیم بود. تنظیمات اعمال شده برای فرایند بهینه سازی، شامل متغیرهای فرایند (سرعت چرخش مارپیچ و رطوبت خوراک اولیه) در محدوده آزمایش و میزان پودر سنجد کامل، بیشینه در نظر گرفته شد. نتایج جهت دستیابی به شرایط بهینه نظیر حداقل دانسیته، سختی و حلالیت، شامل میزان جایگزینی آرد سنجد ۵ درصد، رطوبت خوراک

- Sensorial and Textural Properties. J. Agric. Sci. 5 (2): 160-168.
- [6] Vatandoust, S. Azizi, M. H. Hojjatoleslami, M. Molavi, H. Raesi, Z. (2015). The effect of adding *Eleaagnus angustifolia* powder to quality characteristics of burger's bread. J. Food Sci. Technol. 49(12): 73-84.
- [7] Ayoubi, A. (2018). The Effect of Wheat Flour Replacement with *Eleaagnus Angustifolia* Powder on Quality Characteristics of Cupcake. Iran. J. Nutri. Sci. Food Technol. 88 (13): 79-88.
- [8] AACC. (2000). Approved methods of the American association of cereal chemists; 54-21.
- [9] Hashemi, N. Milani. E, Mortazavi, S.A. Tabatabai. F. (2017). Microstructural and Textural Properties of Puffed Snack Prepared from Partially Defatted Almond Powder and Corn Flour. J. Food Process. Preserv. 41(5): 320-331.
- [10] Hardacre, A.K. Clark, S.M. Riviere, S. Monro, J.A. Hawkins, A.J. (2006). Some textural, sensory and nutritional properties of expanded snack food wafers made from corn, lentil and other ingredients. J. Texture Stud. 37: 94-111.
- [11] Lei, H. Fulcher, R. Ruan, R. Lengerich, B. (2007). Assessment of color development due to twin-screw extrusion of rice-glucose-lysine blend using image analysis. LWT- Food Sci. Technol. 40: 1224-1231.
- [12] Potter, R. Stojceska, V. Plunkett, A. (2013). The use of fruit powders in extruded snacks suitable for Children's diets. LWT - Food Sci. Technol. 51:537-544.
- [13] Niasi, S. Haddad Khodaparast, M.H. Milani, E. Koocheki, A. (2018). Production and Optimization of Functional Fiber Supplement Based on Food By-products Using Extrusion Technology. J. Res. Innovation Food Sci. Technol. 7(2): 134-148.
- [14] Selani, Mabel, M. Guidolin, S. Brazaca, C. Tadeu, C. Ratnayake, W. S. Flores, R. A., and Bianchini, A. (2014). Characterisation and potential application of pineapple pomace in an extruded product for fibre enhancement. Food Che. 163: 23-30.
- [15] Alam, M.S. Pathania, S. Sharma, A. (2016). Optimization of the extrusion process for development of high fibre soybean-rice ready-to-eat snacks using carrot pomace and cauliflower trimmings. LWT - Food Sci.
- در اکثر تنقلات مصرفی بویژه کودکان و نوجوانان، نظیر چاقی و بروز دیابت، حسایت زیادی در خصوص مصرف آن ها وجود دارد، با توجه به محدودیت عرضه میان وعده غذایی حاوی قند طبیعی؛ لزوم جایگزینی قندهای طبیعی از گیاهان با ارزش غذایی بالا در انواع فراورده های غذایی پر مصرف، رسالت پژوهشگران و تولید کنندگان است. این موضوع خود اهمیت پژوهش در زمینه تولید فراورده های جایگزین و سالم را در این زمینه نشان می دهد. گیاه سنجد یکی از مهمترین محصولات کشاورزی است، که علاوه بر ارزان بودن، منابعی سرشار از پروتئین، فیبر رژیمی، پلی فنل ها و انواع ریز مغذی ها بویژه کلسیم می باشد و جزو گیاهان بومی ایران به شمار می رود که نقش مهمی در جلوگیری از پوکی استخوان دارد. تنها کاربرد سنجد در سفره های ایرانی در زمان نوروز می باشد. کاربرد آن در فراورده پرمصرفی چون میان وعده غذایی سبب ورود این ترکیب ارزشمند به چرخه غذایی و ایجاد ارزش افزوده خواهد شد. نتایج پژوهش بیانگر کارایی مناسب آرد سنجد در فرمولاسیون انواع میان وعده حجیم سلامتی را بود.

۵- منابع

- [1] Altan, A. McCarthy, K. L. Maskan, M. (2009). Effect of screw configuration and raw material on some properties of barley extrudates. J. Food Eng. 92: 377-382.
- [2] Yagci, S. and Gogus, F. (2009). Selected physical of expanded extrudates from the blend of hazelnut flour-durum clear flour-rice. Int. J. Food Prop. 12: 405-413.
- [3] Gazerani, S. Mortazavi, S. A. Milani. E, Elhamirad. A.H. Koocheki, A. (2017). Physical and functional evaluation of puffed snack prepared from oleaster powder and navy bean powder. Asian J. Biol Life Sci. 6(3): 447-454.
- [4] Sahan, Y. Gocmen, D. Cansev, A. Celik, G. Aydin, E. Dundar, A. Dulger, D. Kaplan, B. (2015). Chemical and techno-functional properties of flours from peeled and unpeeled oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.). J. Appl. Bot. Food Qual. 88, 34 -41.
- [5] Sahan, Y. Gocmen, D. Cansev, A. Celik, G. Aydin, E. Dundar, A. Dulger, D. Kaplan, B. (2013). Characteristics of Cookies Supplemented with Oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) Flour. I Physicochemical,

- [20] Singh, B. Sekhon, K. S. and Narpinder, S. (2007). Effects of moisture, temperature and level of pea grits on extrusion behaviour and product characteristics of rice. *Food Chem.* 100: 198-202.
- [21] Sebio, L. and Chang, Y. K. (2000). Effects of selected process parameters in extrusion of yam flour (*Dioscorea rotundata*) on physicochemical properties of the extrudates, *Nahrung.* 44:96-101.
- [22] Bisharat, G.I. Oikonomopoulou, V.P. Panagiotou, N.M. Krokida, M.K. Maroulis, Z.B. (2013). Effect of extrusion conditions on the structural properties of corn extrudates enriched with dehydrated vegetables. *Food Res. Int.* 53: 1-14.
- Technol. 74:135-144.
- [16] Gonzalez, R. Torres, R. L. De, Greef, D. Tosi, E. Re, E. (2002). Effects of popping and extrusion processes on some hydration properties of amaranth. *Braz. J. Chem. Eng.* 19(4): 391- 395.
- [17] Wu, W. Huff, H.E. and Hsieh, F. (2007). Processing and properties of extruded flaxseed corn puff. *J. Food Process. Preser.* 31(2): 211-226.
- [18] Korkerd, S. Wanlapa, S. Puttanlek, C. and Uttapap, D. (2016). Expansion and functional properties of extruded snacks enriched with nutrition sources from food processing by-products. *J. Food Sci. Technol.* 53: 561-570.
- [19] Dehghn-shoar, Z. Hardacre, A. Brennan, C.S. (2010). The physico-chemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene. *Food Chem.* 123: 1117-1122.

Investigate the qualitative characteristics of extruded snack containing Oleaster powder

Shahidi, F. ¹, Milani, E. ^{2*}, Ansarifar, E. ³, KalilianMovahed, M. ⁴, Salehipoor, F. ⁵

1. Professor, Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
2. Associate Professor, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR) of Mashhad, Iran.
3. Assistant Professor, Social Determinants of Health Research Center, Department of Public Health, School of Health, Birjand University of Medical Sciences, Birjand, Iran. ansarifar.
4. PhD student of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
5. M.Sc in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

(Received: 2019/04/28 Accepted: 2020/06/09)

Snack foods contain main parts of food habit among people in the world. Recently the high rate of consumption and variety of extruded snacks is proven to increase the attention to nutritional quality besides keeping desired acceptability of products. In this study, based on central composite design the effect of independent variables consist of the whole Oleaster powder (5- 15%), moisture content (12-20%), screw speed (120-180 RPM), were investigated on the physicochemical, textural and color of extrudates based on corn- wheat grit. results showed that, Increasing Oleaster content caused an increase in the density, hardness and solubility. Whereas, Increase screw rate and oleaster content simultaneously led to a lower density. In low amount of moisture content, improvement of oleaster content didn't significant effect on hardness. However by boosting recent factors gradually, the hardness of products increased dramatically. Moisture content and screw speed had absolute effect on lightness of extrudates. Meanwhile improvement of oleaster content caused a decrease in lightness. Optimum condition was determined to be the feed moisture content (13.87%), oleaster content (5%) and screw speed rate (166.7 rpm).

Keywords: Snack Food, Extrusion, Corn-wheat Grit, Oleaster Flour, Fiber

* Corresponding Author E-Mail Address: e.milani@jdm.ac.ir