اثرات شرایط خشک کردن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پودر حاوی روغن تخمه ی کدو حلوایی

منصوره گران پور[۱]، غلامحسن اسدی[۲*]، زهرا امام جمعه[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- ستادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران ، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۷)

چکیده

در این پژوهش اثرات شرایط خشک کردن پاششی بر روی خصوصیات پودر پوشینه دار شده ی روغن تخمه ی کدو حلوایی بررسی گردید. شرایطی که لحاظ گردید، از طریق تغییرات سه عامل دمای هوای ورودی خشک کن، سرعت آسپیراتور و درصد ظرفیت پمپ اعمال شد . جهت پوشینه دار کردن روغن تخمه ی کدو از یک خشک کن پاششی آزمایشگاهی استفاده شد و از صمغ عربی، مالتودکسترین با معادل دکستروز ٦ و پروتئین تغلیظ شده ی آب پنیر به عنوان مواد دیواره ای میکروکپسول ها استفاده شد. دامنه ی تغییرات دمای هوای خشک کن پاششی بین۱٤۰ ℃ تا ۱۸۰ ℃، سرعت آسپیراتور ۵۵ ٪ تا ۷۵٪ و درصد ظرفیت پمپ تغذیه بین ۵ ٪ تا ۱۵ ٪ بود که اثر آن ها بر روی متغیرهای وابسته محتوای رطوبت، اندازه ذرات، دانسیته ی توده، کارایی پوشینه دار شدن و شاخص پراکساید مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین نقطه ی بهینه فرآیند خشک کردن پاششی برای تولید پودر پوشینه دار شده از روش سطح پاسخ استفاده شد. آنالیز واریانس و تحلیل دیاگرام های رویه سطوح پاسخ متغیرهای وابسته نسبت به متغیرهای مستقل، برای هر پاسخ انجام گرفت. در نتیجه شرایط بهینه ی خشک کردن پاششی جهت پوشینه دار کردن روغن تخمه کدو بر اساس بیشترین مقدار کارایی پوشینه دار شدن و کمترین میزان شاخص پراکساید ، معادل: دمای هوای ورودی ۱٤۱ ℃، سرعت آسپیراتور ۷۵ ٪و درصد ظرفیت پمپ ۱۵٪ بدست آمد که براساس آن پودر بهینه تولید گردید و ساختار و ترکیب شیمیایی آن مورد بررسی قرار گرفت.

کلید واژگان: روغن تخمه ی کدو حلوایی، پوشینه دار شدن، خشک کن پاششی،کارایی پوشینه دار شدن، بهینه یابی

*مسئول مکاتبات: asadi@srbiau.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۱- مقدمه

کدو گیاهی از خانواده *Cucurbitaceae* با دانه های روغنی میباشد که روغن آن توسط کمیسیون اتحادیه اروپا به عنوان یک روغن خوراکی پذیرفته شده است [۱]. کدو حلوایی یکی از محصولات جالیزی است که در اکثر نقاط کشور، از جمله استان های مازندران، گیلان، خراسان، همدان، آذربایجان، فارس و ... کشت می شود. استان آذربایجان غربی با بیشترین سطح زیر کشت مربوط به کدو با کاربرد تخمه ی آجیلی (۱٦ هزار و ۵۰۰ هکتار) در سال زراعی ۱۳۹٤-۱۳۹۳، رتبه ی نخست کشوری را به خود اختصاص داده است[۲]. اما با وجود مقدار بالای تولید کدو در ایران، تخمه ی کدو بیشتر به صرف تنقلات و آجیل می رسد و بخشی از آن نیز به صورت ضایعات از بین می رود. با توجه به نتایج به دست آمده از روغن تخمه کدو حلوایی، به دلیل محتوای بالای اسیدهای چرب تک غیراشباع[1] و چند غیراشباع[2] و وجود گاماتوکوفرول ها به عنوان آنتی اکسیدان قوی و توکوفرول اصلی، این ماده می تواند به عنوان یک روغن با ارزش و همچنین غذایی فراسودمند مورد توجه قرار گیرد. از خصوصیات این روغن می توان به رنگ سبز تیره و سرشار بودن از اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک اشاره داشت[۱]. از ویژگی های سلامتی بخش و دارویی آن می توان ویژگی های ضد التهابی و ادرار آور و کم کردن نشانه های پروستات خوش خیم، کاهش التهابات معده، تصلب شرائن، کلسترول و لخته های خونی، جلوگیری از انقضابات نامنظم قلب و کاهش خطر تشکیل سنگهای مثانه و کلیه را نام برد[۱و۳]. با توجه به ویژگی های مفید گفته شده، لازم است تمهیداتی جهت حفاظت از این ترکیب زیست فعال حساس لحاظ گردد. از این رو پوشینه دار کردن به عنوان راهکاری مناسب برای این امر در نظر گرفته می شود[٤]. پوشینه دار کردن فرآیندی برای به دام انداختن عوامل فعال توسط مواد حامل است و ابزاری مناسب برای بهبود تحویل ملکول های فعال زیستی و سلول های زنده به درون غذا می باشد. در این فرآیند، ماده ی پوشش دهنده ماده ی دیواره ای و ماده ی پوشیده شده، ماده ی هسته ای نامیده می شوند. یکی از مهمترین دلایل برای پوشینه دار کردن ترکیبات زیست فعال، تأمین پایداری بهبود یافته در محصول نهایی و در طی فرآیند است[٤]. در میان تکنیک های گوناگون پوشینه دار کردن، خشک کردن پاششی۳ یکی از قدیمی ترین و وسیع ترین تکنیک های درون پوشانی در بخش صنایع غذایی است که از سال ۱۹۵۰ برای پوشینه دار کردن روغن ها و اسانس های روغنی و تبدیل مایع به پودر جهت تولید افزودنی های غذایی و طعم دهنده های خشک استفاده شده است[٤و۵]. این فرآیند اقتصادی و انعطاف پذیر است و دستگاه سازگار با تجهیزات در دسترس می باشد و پودری با کیفیت خوب تولید می کند. در این روش، اجزای خشک شده ی جامد توسط عبور هوای داغ از قطرات مایع (محلول، امولسیون یا سوسپانسیون ها) که در بالای اتاقک خشک کن تولید می شوند، بدست می آیند. مواد دیواره ای مورد استفاده برای تشکیل امولسیون ورودی به خشک کن پاششی، باید محلول در آب و در حد قابل قبول باشند[۵و٦]. به طور کلی، دارا بودن هزینه کم و نداشتن طعم، دارا بودن ویژگی های امولسیفایری، قابلیت تشکیل فیلم خوب، دارا بودن ویسکوزیته ی کم در بالاترین سطح ماده جامد، قابلیت آزادسازی محتوا در محصول نهایی غذایی، از خصوصیات ماده ی دیواره ای ایده آل هستند[۷]. تاکنون تحقیقات مختلفی برای محافظت از سایر روغن های چند غیراشباع توسط تکنولوژی پوشینه دار کردن بوسیله ی خشک کن پاششی صورت گرفته است، اما گزارشی مبنی بر پوشینه دارکردن روغن تخمه کدو حلوایی ارائه نشده است. بنابراین برای افزایش مدت زمان نگهداری و محافظت از این روغن در مقابل اکسیداسیون، تولید این فرآورده درون پوشانی شده و بدست آوردن نقطه ی بهینه تولید آن از طریق بررسی شرایط خشک کردن پاششی می تواند جالب توجه باشد که در این تحقیق مورد بررسی قرار می گیرد.

1. Monounsaturated fatty acids
2. Polyunsaturated fatty acids
3. Spray drier

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

روغن تخمه ی کدو(گونه *Cucurbita pepo*، واریته *Styarica*) از شرکت دارویی زردبند پس از پرس سرد، بصورت خالص، تصفیه نشده و بدون هیچ گونه افزودنی تهیه گردید. صمغ عربی با داشتن ویژگی خوب امولسیفایری بعنوان متداول ترین ماده برای پوشینه دار کردن روغن ها [۷]، مالتودکسترین به علت هزینه ی کم، بی مزه بودن، حلالیت زیاد در آب، ویسکوزیته ی کم محلول و همچنین محافظت عالی از ماده ی هسته [٦]، و پروتئین آب پنیر به علت فعالیت ذاتی آنتی اکسیدانی، تشکیل امولسیون و تشکیل فیلم ضخیم در سطح قطرات [۷] به عنوان مواد دیواره ای انتخاب شدند و بدین منظور، صمغ عربی[٤] از شرکت مرک آلمان، مالتودکسترین با معادل دکستروز[٥] ٦ (DE-6) از شرکت روکت فرانسه و پروتئین تغلیظ شده ی آب پنیر[٦] (WPC) از شرکت هیلمار آمریکا تهیه شدند. کلیه حلالها و مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق، تولیدی شرکت تجاری مرک آلمان با درجه خلوص تجزیه ای بودند.

۲-۲- آماده سازی امولسیون

برای تهیه ی امولسیون اولیه نسبت ثابتی از مواد دیواره ای و ماده ی هسته ای و همچنین آب، مدنظر قرار گرفت. بدین منظور، ۲۰٪ ماده دیواره ای، ۱۰٪ روغن و ۷۰ ٪ آب مقطر با یکدیگر مخلوط شدند[۸]. این امولسیون ابتدا توسط حل کردن نسبت ۱۷٪ صمغ عربی، ۱۷٪ پروتئین تغلیظ شده ی آب پنیر و ٦٦٪ مالتودکسترین با معادل دکستروز ٦ ، در آب مقطر به وسیله ی همزن مغناطیسی[۷] (مدل هیدولف MR3001، آلمان) و پس از آن با افزودن روغن تخمه کدو و همگن کردن آن به مدت ۵ دقیقه در سرعت ۱۰۰۰ دور بر دقیقه۸ توسط هموژنایزر (مدل اولترا توراکس IKa T25، آلمان) بدست آمد[۹]. درصد ترکیبات با استفاده از منابع و انجام پیش آزمایش تعیین گشت.

۲-۳- تولید پودر پوشینه دار شده روغن تخمه ی کدو حلوایی

امولسیون همگن شده بلافاصله پس از تولید توسط مینی خشک کن پاششی[۹] (B-191، سوییس) مجهز به اتمایزر با نازل ۲ سیاله۱۰ به قطر ۰/۷ میلی متر و با جریان هم جهت[۱۱] بین امولسیون اتمایز شده و هوا خشک شد. بدین منظور و با هدف دستیابی به حالت یکنواخت مطلوب، قبل از هر مرحله خشک کردن، خشک کن به مدت ۱۵ دقیقه با آب مقطر کار کرد. دبی حجمی هوای خشک کن[۱۲] ثابت و به مقدار ۷۰۰ لیتر در ساعت در نظر گرفته شد. امولسیون تولیدی توسط یک لوله ی نازک با درصد ظرفیت پمپ[۱۳] ۵٪ تا ۱۵٪ به خشک کن پاششی تزریق شد که این نرخ معادل $۱/۸۳ \times ۱۰^{-۵}$ تا ۸×۱۰^{-۵} کیلوگرم بر ثانیه از جریان خوراک ورودی به خشک کن از طریق پمپ می باشد. دمای هوای ورودی به خشک کن[۱٤] ، بین ۱٤۰ °C تا ۱۸۰ °C و سرعت آسپیراتور[۱۵] بین ۵۵٪ تا ۷۵٪ تعیین شدند و مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت پودر های تولید شده، در ظرف[۱٦] جمع آوری شده، توسط ترازوی دیجیتالی متلر با دقت۰/۰۰۰۱ ± (college 150, UK) وزن شدند و برای آنالیزهای بعدی مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-٤- ارزیابی پودر های پوشینه دار شده

۲-٤-۱- میزان رطوبت

میزان رطوبت ذرات پوشینه دار شده ی حاوی روغن تخمه ی کدو، طبق روش آون مطابق با استاندارد AOAC (۱۹۸٤) اندازه گیری شد[۱۰و۱۱].

4. Gum arabic
5. Dextrose equivalent
6. Whey protein concentrated
7. Magnetic stirrer
8. Round per minute

9. Mini spray dryer
10. Two fluid nozzle atomizer
11. Co-current flow
12. Air flow rate
13. Pump feed rate percent
14. Inlet air drying tempreture
15. Aspirator rate
16. Vessel

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۲-٤-۲- اندازه ذرات

توزیع اندازه ذرات توسط دستگاه تعیین کننده اندازه ذرات[17] مدل mastersizer 2000 براساس اندازه گیری تغییر زاویه در شدت نور پراکنده شده از میان نمونه ی پراکنده شده تعیین گردید[۱۲].

۲-٤-۳- دانسیته توده

میزان دانسیته ی توده بر اساس نسبت جرم پودر پوشینه دارشده بعد از ۵۰ مرتبه ضربه زدن به دیواره ی استوانه بر حجم استوانه بدست آمد و برحسب کیلوگرم بر مترمکعب گزارش گردید[۱۳].

۲-٤-٤- کارایی پوشینه دار شدن

بدین منظور ۲ گرم محصول پوشینه دار شده وزن شد و به ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری منتقل شد. پس از آن ۱۵ میلی لیتر هگزان به آن افزوده شد و سوسپانسیون تولیدی به مدت ۲ دقیقه در دمای اتاق تکان داده شد. سپس ، مخلوط از کاغذ صافی شماره ۱ واتمن عبور داده شد. محلول فیلتر شده، شامل روغن استخراج شده بود که برای مدت ٦ ساعت به آون ۷۰ °C منتقل شد تا هگزان به طور کامل از آن تبخیر شود و به وزن ثابت برسد. روغن سطحی، توسط ثبت کردن وزن اولیه و نهایی ظرف محتوای محلول محاسبه شد و در نهایت کارایی پوشینه دارشدن توسط فرمول ۱ محاسبه گشت[۱۱].

$$EE = \frac{\text{Total oil} - \text{Surface oil}}{\text{Total oil}} \times 100 \quad (۱)$$

که در آن، Total oil و Surface oil، به ترتیب وزن روغن کل و روغن سطحی بر حسب گرم می باشند و کارایی پوشینه دار شدن (EE) بر حسب درصد گزارش می شود.

۲-٤-۵- شاخص پراکساید

اندیس پراکسید توسط استاندارد شماره ۳۹۷٦ روش بین المللی فدراسیون لبنیات[18] اندازه گیری شد[١٤].

آزمون بر اساس اکسیداسیون آهن (II)به آهن (III) توسط هیدروپراکسید های آزاد شده نمونه (چربی) و تشکیل کمپلکس آهن (III) تیوسیانات است که جذب آن در طول موج ۵۰۰ نانومتر توسط اسپکتوفوتومتر اندازه گیری شد[۱۵]. جهت استخراج روغن از پودرهای پوشینه دار شده، ۰/۵ گرم نمونه وزن شد و به ۵ میلی لیتر آب مقطر افزوده شد به مدت ۳۰ دقیقه توسط شیکر۱۹ هیدولف(Unimax 2010، آلمان) برای اطمینان از انحلال آن میکس شد. سپس مقدار ۳۰۰ میکرولیتر از آن توسط سمپلر جدا شد و ۳ مرتبه (هر بار به مدت ۱۰ ثانیه) همراه با ۱/۵ میلی لیتر مخلوط ایزواکتان/ ایزوپروپان به نسبت ۲ به ۱ ورتکس شد.

جهت جداشدن فازها از هم به مدت ۵ دقیقه درون سانتریفوژ مدل هتیچ(Mikro 200R، انگلستان) با نیروی نسبی سانتریفوژ[20] ۱۰۰۰ معادل با ٤۰۳۰ دور در دقیقه قرار گرفت. بدین ترتیب، ترکیبات چربی دوست[21] از پودرهای پوشینه دار شده جدا شدند و در فاز بالایی اپندورف[22]، قرار گرفتند[١٦].

برای اندازه گیری شاخص پراکساید، نسبت ٦۰۰ میکرولیتر از نمونه روغن استخراج شده، به مدت ٤ ثانیه با ۹/۸ میلی لیتر از کلروفرم، متانول (۷ : ۳) توسط شیکر مخلوط شد[۱۷]. پس از آن، ۵۰ میکرولیتر از هر کدام از محلول های آمونیوم تیوسیانات ۳/۹٤ مولار و کلراید آهن (II) به آن اضافه شدند و به طور جداگانه به مدت ٤ ثانیه توسط شیکر مخلوط شدند. در این مرحله رنگ قرمز نمایان گشت و به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق و در محیط تاریک قرار گرفت و سپس جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Varia cary 300 (استرالیا) در ۵۰۰ نانومتر اندازه گرفته شد[۱۵]. شاخص پراکساید توسط فرمول ۲ و ۳ محاسبه گشت و براساس میلی اکی والان پراکسید در کیلوگرم نمونه گزارش گردید.

$$POV = \frac{0.5\,mc}{55.84\,m} \quad (۲)$$

$$mc = \frac{E}{b} \quad (۳)$$

17. Particle analyser
18. International Dairy Federation

19. Vortex shaker
20. Relative centrifugal force (CFU)
21. Lipophilic compounds
22. Ependorf

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

که بر اساس آن E برابر جذب نمونه است که توسط اسپکتوفوتومتر خوانده شده است، b برابر با شیب خط نمودار کالیبراسیون برای محلول استاندارد آهن (III) است که معادل ۰/۰۲۷۶ بدست آمد، m جرم نمونه بر حسب گرم است و ۵۵/۸٤ جرم اتمی آهن است[١٤].

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری این مطالعه جهت برآورد تأثیر متغیرهای مستقل شامل دمای هوای خشک کن پاششی(X_1)، سرعت آسپیراتور(X_2) و درصد ظرفیت پمپ (X_3) بر متغیرهای وابسته، توسط طرح باکس بانکن- فول فاکتوریل۲۳در روش سطح پاسخ[۲٤] (RSM)با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت نسخه۱۰ [۲۵] صورت پذیرفت. محدوده ی هر یک از متغیرهای مستقل به وسیله آزمایشات مقدماتی مشخص گردید(جدول ۱).

Table 1. The range of input parameters.

Parameters	Minimum	Maximum
*X1:*Inlet drying air temperature (°C)	140	180
X2: Aspirator rate (%)	55	75
X3: Pump feed rate percent (%)	5	15

طرح آزمایش شامل ۱۷ تیمار آزمایشی در ۵ نقطه ی مرکزی توسط RSM مشخص گردید. محتوای رطوبت[۲٦]، اندازه ذرات[۲۷]، دانسیته ی توده[۲۸]، کارایی پوشینه دار شدن[۲۹] و شاخص پراکساید[۳۰] پودرها به عنوان متغیرهای وابسته (پاسخ) در نظر گرفته شدند.

جدول ۲ طرح آزمایشی بدست آمده از RSM و نتایج بدست آمده برای متغیرهای وابسته در شرایط مختلف خشک کردن پاششی را نشان می دهد.کلیه ی آزمون ها در سه تکرار انجام گرفت. برای تمامی پاسخ ها، مدل پیشنهادی درجه دوم (quadratic) بود.

ارزیابی رابطه بین متغیرهای ورودی و پاسخ های خروجی برای هر پاسخ طبق معادله ی کلی زیر انجام شد.

$$Y=\beta_0+\sum_{i=1}^{k}\beta i Xi+\sum_{i=1}^{k}\beta ii X_i^2+\sum\sum_{i<j}\beta_{ij}X_iX_j+\varepsilon$$

که در آن Y پاسخ، β_0 ثابت معادله، βi ضریب اثرات خطی، βii ضریب اثرات درجه دوم و βij ضریب اثرات متقابل، Xi و Xj ضریب سطوح متغیرهای غیر وابسته می باشند وk شماره ی سطوح و ε نماینده ی خطای مشاهده شده در پاسخ Y است. آنالیز آماری بر اساس آنالیز واریانس (ANOVA) در سطح معنی داری ۵ ٪ (P = 0.05) برای مقایسه ی نتایج مورد استفاده قرار گرفت و ضریب تغییرات داده ها (CV٪)، ضریب تعیین (R^2)، ضریب تعیین تعدیل شده ($adjR^2$)، دقت کفایت به منظور بررسی کفایت مدل بررسی شدند. نتایج آنوا در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

۳- نتایج و بحث

بر اساس نتایج آماری (جدول ۳)، مدل برای تمام پاسخ های گزارش شده، معنی دار بوده است ($p < ۰/۰۵$).

23. Box-Benken experimental design (BBD)-full factoriel
24. Response surface methodology (RSM)
25. Design Expert version 10.0.1.0
26. Moisture content
27. Particle size
28. Bulk density
29. Encapsulation efficiency
30. Peroxide value

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

Table 2 Experimental design obtained from RSM- BBD by considering different spray drying condition

Run	Input variables			Response variables				
	Inlet drying air temperature (°C)	Aspirator rate (%)	Pump rate (%)	Moisture content (%W.b.)	Average particle size (µm)	Bulk density (kg/m^3)	Microncapsulation efficiency (%)	Peroxide value after month 3 (meq peroxide / 1kg sample)
1	180	65	5	1.94±0.241	2.82±0.004	512.82±2.160	79.75±1.263	15.64±0.019
2	160	65	10	3.19±0.243	2.38±0.006	526.31±2.121	78.54±1.261	16.95±0.020
3	160	55	15	2.46±0.237	2.13±0.007	408.16±2.089	90.95±1.262	23.08±0.019
4	160	75	5	1.19±0.240	2.37±0.002	512.82±2.095	86.98±1.259	16.08±0.022
5	140	55	10	3.17±0.244	2.24±0.015	476.19±2.144	75.41±1.258	20.24±0.018
6	180	75	10	2.58±0.036	2.25±0.013	500.00±2.100	84.26±1.255	17.20±0.021
7	140	75	10	1.62±0.035	2.37±0.009	487.80±2.136	85.26±1.256	12.11±0.020
8	160	65	10	3.18±0.240	2.39±0.006	526.00±2.105	80.21±1.265	16.98±0.017
9	160	55	5	1.38±0.242	2.38±0.008	476.19±2.142	78.78±1.259	14.97±0.019
10	180	55	10	2.36±0.239	2.51±0.004	500.00±2.119	75.36±1.263	14.93±0.017
11	140	65	5	1.94±0.234	2.66±0.012	487.80±2.087	79.78±1.261	16.74±0.022
12	160	75	15	2.57±0.245	2.12±0.003	476.19±2.115	86.54±1.260	16.88±0.021
13	180	65	15	1.33±0.243	2.18±0.009	425.53±2.098	83.29±1.257	20.30±0.018
14	140	65	15	3.35±0.237	2.18±0.011	363.63±2.221	81.98±1.264	16.97±0.023
15	160	65	10	3.14±0.235	2.38±0.007	523.64±2.141	79.13±1.258	16.99±0.019
16	160	65	10	3.21±0.244	2.39±0.005	529.98±2.133	78.46±1.265	16.98±0.022
17	160	65	10	3.16±0.238	2.38±0.002	525.12±2.110	76.34±1.264	17.01±0.017

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

Table 3 ANOVA results and regression coefficients for responses surface quadratic model

Source	DF	Moisture content (Y1,%W.b.)			Average particle size (Y2, µm)			Bulk density (Y3, kg/m3)			Microencapsulation efficiency (Y4, %)			Peroxide value in month 3 (Y5, meq.pov/1kg sample)		
		Coefficient	Sum of square	P-Value	Coefficient	Sum of square	P-Value	Coefficient	Sum of square	P-Value	Coefficient	Sum of square	P-Value	Coefficient	Sum of square	P-Value
Model		3.18	7.96	0.0177*	2.38	0.48	0.0072*	526.21	320672	0.0046*	78.54	267.74	0.0219*	16.98	90.55	0.0002*
linear																
b_1	1	-0.23	0.44	0.1441	0.039	0.012	0.2345	15.37	1888.97	0.0684	0.029	0.0066	0.9742	0.25	0.51	0.3008
b_2	1	-0.18	0.25	0.2549	-0.019	0.0028	0.5491	14.53	1689.84	0.0812	2.82	63.51	0.0133*	-1.37	14.99	0.0005*
b_3	1	0.41	1.33	0.024*	-0.2	0.33	0.0003*	-39.52	12491.4	0.0009*	2.18	38.15	0.0382*	1.72	23.77	0.0001*
quadratic																
b_{11}	1	-0.25	0.27	0.2397	0.084	0.03	0.0793	-28.05	3313.74	0.0247*	-1.54	9.96	0.2341	-0.6	1.52	0.095
b_{22}	1	-0.49	0.99	0.0427*	-0.13	0.067	0.0183*	-7.16	215.78	0.4905	3.07	39.8	0.0353*	-0.26	0.29	0.4255
b_{33}	1	-0.78	2.54	0.0054*	-0.008	0.000	0.8465	-50.71	10827.9	0.0013*	4.2	74.34	0.0093*	1.03	4.49	0.0128*
interaction																
b_{12}	1	0.44	0.78	0.0636	-0.098	0.038	0.0538	-2.90	33.7	0.7821	-0.24	0.23	0.8502	2.6	27.03	<0.0001*
b_{13}	1	-0.5	1.02	0.0401*	-0.04	0.0064	0.374	9.22	340.03	0.3915	0.34	0.45	0.7902	1.11	4.91	0.0104*
b_{23}	1	0.075	0.023	0.7201	0.000	0.00	1.000	7.85	246.49	0.4623	-3.15	39.75	0.0354*	-1.83	13.34	0.0007*
Residual	7		1.13			0.05			2854.11			41.12			2.85	
Pure error	4		0.0029			0.0001			22.06			7.98			0.0019	
R^2		0.87			0.90			0.91			0.86			0.96		
Adj-R^2		0.71			0.78			0.81			0.69			0.93		
CV (%)		16.36			3.57			4.16			2.98			3.74		
Adequate precision		6.63			11.02			9.22			6.78			22.01		

*: significant effect at level $p<0.05$

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۳-۱- محتوای رطوبت

میزان رطوبت اندازه گیری شده ی پودرهای تولیدی از ۱/۱۹٪ تا ۳/۳۵ ٪ متفاوت بود(جدول ۲). بررسی آنالیز واریانس در جدول۳ نشان داد که اثر خطی درصد ظرفیت پمپ، اثر درجه دوم سرعت آسپیراتور، اثر درجه دوم درصد ظرفیت پمپ، اثر متقابل دمای هوای ورودی و درصد ظرفیت پمپ بر پاسخ محتوای رطوبت معنی دار شدند ($p < ۰/۰۵$) و سایر ضرایب بر این ویژگی اثر معنی دار نداشتند ($p > ۰/۰۵$). در نمودار پرشیدگی (شکل ۱)، اثر تغییرات ۳ متغیر مستقل ورودی بر روی محتوای رطوبت نشان داده شده است. افزایش درصد ظرفیت پمپ تغذیه، به طور معنی داری سبب افزایش در میزان رطوبت نهایی ذرات شده است. در سرعت های بالای پمپ تغذیه، امولسیون اتمایز شده به محفظه ی خشک کن در زمان مشخص افزایش می یابد و متعاقباً زمان تماس قطرات با هوای داغ داخل محفظه کاهش یافته و تبخیر رطوبت از قطرات کاهش یافته است که سبب تولید پودر های پوشینه دار شده با میزان رطوبت بیشتر شده است. چگینی و قبادیان (۲۰۰۵) [۱۸] طی خشک کردن پاششی آب پرتقال و آغباشلو و همکاران (۲۰۱۲) [۱۱] در پوشینه دار کردن روغن ماهی توسط خشک کن پاششی، افزایش رطوبت ذرات تولیدی را بر اساس افزایش درصد ظرفیت پمپ تغذیه در سرعت ثابت اتمایزر گزارش کردند .

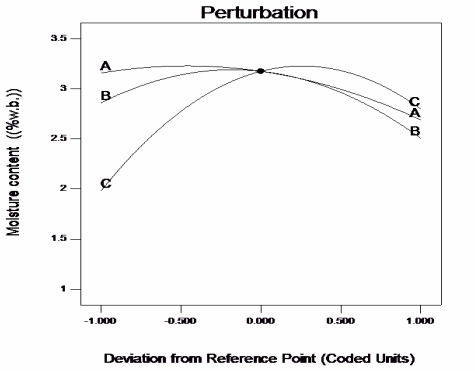


Fig 1 Perturbation graph, independent variables on moisture content; input factors: A, inlet drying air temperature; B, aspirator rate; C, pump feed rate percent.

شکل ۲، رویه ی پاسخ محتوای رطوبت را در برابر ۲ متغیر دمای هوای ورودی و سرعت آسپیراتور نشان می دهد که بر اساس آن، اثر متقابل این دو مغیر ورودی بر رطوبت معنی دار بوده است. ضریب تعیین (R^2) گزارش شده برای پاسخ محتوای رطوبت ۸۷ درصد گزارش شد.(جدول۳)

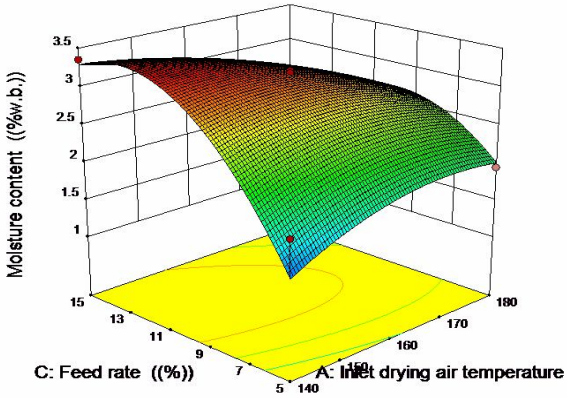


Fig 2 3D response surface plots for moisture content, A, inlet drying air; C, pump feed rate percent.

۳-۲- میانگین اندازه ی ذرات

اندازه ی ذرات میکروپوشینه دار شده در شرایط مختلف خشک کردن پاششی بین ۲/۱۲ تا ۲/۸۲ میکرومتر متفاوت بود(جدول ۲). بر اساس جدول تحلیل واریانس (جدول ۳)، اثر خطی سرعت جریان تغذیه ی ورودی به خشک کن و اثر درجه ی دوم سرعت آسپیراتور تأثیر معنی داری بر روی اندازه ی ذرات پودرهای تولیدی داشتند($p < ۰/۰۵$) اثرات متقابل بین متغیرهای ورودی، هیچ تأثیر معنی داری بر روی اندازه ی ذرات نداشتند ($p > ۰/۰۵$).همان گونه که در نمودار پرشیدگی (شکل ۳) قابل مشاهده است، دو متغیر مستقل دمای هوای ورودی به خشک کن و سرعت آسپیراتور معنی دار نبوند و در تغییر اندازه ذرات تأثیر چندانی نداشتند($p > ۰/۰۵$) این در حالی است که افزایش در سرعت جریان تغذیه ی ورودی به خشک کن در اثر افزایش سرعت پمپ، باعث کاهش در اندازه ی ذرات پوشینه دار شده گشته است (شکل ۳).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

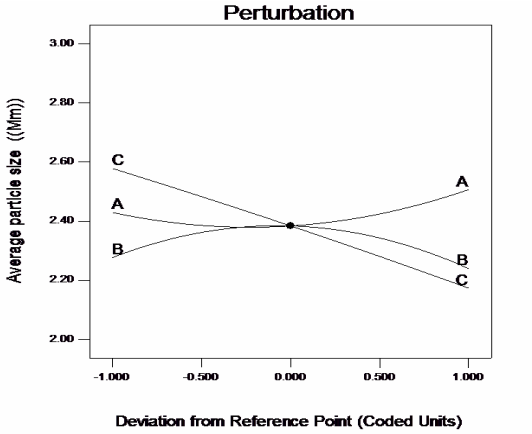


Fig 3 Perturbation graph, independent variables on average particle size; input factors: A, inlet drying air temperature; B, aspirator rate; C, pump feed rate percent.

با افزایش سرعت جریان تغذیه، تعداد قطرات داخل محفظه ی خشک کن افزایش می یابد که این باعث افزایش برخورد بین ذرات و شکست آن ها می گردد. بر این اساس کوچکتر شدن اندازه ی ذرات با افزایش درصد ظرفیت پمپ تغذیه در این مطالعه به برخورد ذرات با یکدیگر در محفظه ی خشک کن نسبت داده می شود. این نتیجه با نتایج حاصل از پژوهش های تی و همکاران (۲۰۱۲) [۱۹] در بهینه سازی خشک کردن پاششی عصاره برگ فلفل بتل پوشیده شده با مالتودکسترین و صدیقی پاشاکی و همکاران (۲۰۱٦) [۲۰] در ارزیابی پارامترهای خشک کردن پاششی روی ویژگی های فیزیکوشیمیایی آب زرشک سیاه بدون هسته مطابقت داشت. میزان ضریب تبیین (R^2 = ٪۹۰) بیان گر همبستگی بالا میان متغیرهای مستقل و پاسخ میانگین اندازه ی ذرات می باشد .

۳-۳- دانسیته ی توده

همان گونه در جدول شماره ۲ مشخص است، مقدار دانسیته ی توده ی اندازه گیری شده در دامنه ی بین ۳٦۳/٦۳ تا ۵۲۹/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب متفاوت بود. بر طبق جدول شماره ۳ (ANOVA)، پارامتر سرعت جریان تغذیه و اثردرجه دوم آن و همچنین اثر درجه دوم دمای هوای ورودی به خشک کن پاششی، تأثیر معنی داری بر روی تغییرات دانسیته ی توده ی ذرات ریز پوشینه دار شده داشتند($p < ۰/۰۵$). در شکل ٤ شاهد افزایش جزئی در مقدار دانسیته ی توده ی ذرات پوشینه دار شده با افزایش دو متغیر دمای هوای ورودی و سرعت آسپیراتور هستیم که البته اثر آنها بر اساس آنالیز آماری صورت گرفته معنی دار نبوده است($p > ۰/۰۵$). بر اساس نمودار پرشیدگی (شکل ٤)، دانسیته ی توده در ابتدا با افزایش درصد ظرفیت پمپ تغذیه، افزایش و پس از آن کاهش یافته است که به ترتیب علت هر کدام بیان می گردد. همان طور که قبلا مشاهده شد، اندازه ی ذرات تولید شده با افزایش درصد ظرفیت پمپ تغذیه، کاهش یافت و از آنجایی که دانسیته ی توده بیان گر جرم واحد حجم ذرات می باشد، با کوچک شدن اندازه ی ذرات، دانسیته افزایش یافته است. این نتیجه با یافته های چگینی و قبادیان (۲۰۰۵) [۱۸] ، فیلکووا و همکاران (۲۰۰٦) [۲۱].و آغباشلو و همکاران (۲۰۱۲) [۱۱] مطابقت داشت. در ادامه شاهد کاهش دانسیته ی ذرات هستیم که علت آن را می توان به کاهش محتوای رطوبت ذرات در بالاترین حد از درصد ظرفیت پمپ نسبت داد (شکل ۱). از آنجایی که دانسیته ی آب بیشتر از دانسیته ی ذرات خشک است، کاهش رطوبت ذارت سبب کاهش دانسیته ی ذرات شده است[۲۲]. بر اساس آنالیز آماری، میزان R^2 شایستگی مدل را در مورد این پاسخ نشان می دهد(۹۱٪)

.

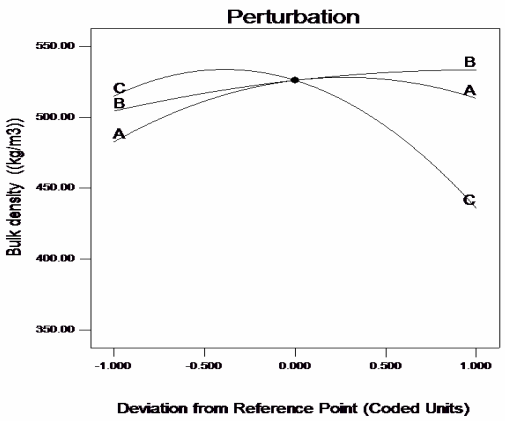


Fig 4 Perturbation graph, independent variables on Bulk density; input factors: A, inlet drying air temperature; B, aspirator rate; C, pump feed rate percent.

۳-٤- کارایی پوشینه دار شدن

طبق نتایج بدست آمده از جدول ۲، کارایی پوشینه دار شدن از ۷۵/۳٦ ٪ تا ۹۰/۹۵ ٪ متغیر بود. ارزیابی آنالیز واریانس(جدول ۳) نشان داد که این پاسخ به طور معنی داری تحت اثر خطی و درجه دوم سرعت آسپیراتور، اثر خطی و درجه دوم سرعت جریان

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

تغذیه و اثر متقابل بین این دو پارامتر قرار داشت ($p < ۰/۰۵$) و بطور کامل مستقل از دمای هوای ورودی بود ($p > ۰/۰۵$). همانگونه که در نمودار پرشیدگی مربوط به این پاسخ (شکل ۵) مشخص است، افزایش سرعت آسپیراتور و سرعت پمپ تغذیه، هر دو سبب افزایش در مقدار کارایی پوشینه دار شدن شده است. با زیاد شدن سرعت آسپیراتور و در نتیجه افزایش انرژی وارد شده به داخل خشک کن، غشای نیمه نفوذ پذیر اطراف قطرات اتمایز شده در مراحل اولیه ی خشک شدن، سریع تر شکل می گیرد و باعث تولید پودر با کارایی پوشینه دار شدن بیشتر می گردد. بهاندری و همکاران (۱۹۹۲) [۲۳] در پژوهشی بر روی پوشینه دار کردن طعم دهنده ها، به نتایج مشابه دست یافتند .

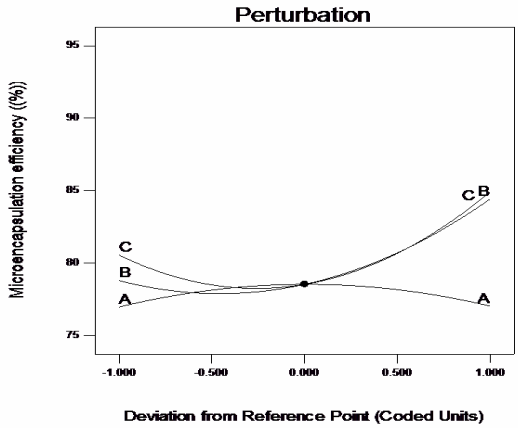


Fig 5 Perturbation graph, independent variables on microencapsulation efficiency; input factors: A, inlet drying air temperature; B, aspirator rate; C, pump feed rate percent.

با افزایش سرعت جریان تغذیه، بدلیل تشکیل ذرات ریزتر، پوسته با شتاب بیشتری شکل می گیرد و این پدیده از نفوذ روغن به سطح جلوگیری می کند و باعث کاهش در میزان روغن سطحی ذرات گشته و افزایش کارایی پوشینه دار شدن را در پی داشته است. این نتیجه با یافته های آغباشلو و همکاران (۲۰۱۲) [۱۱] در پوشینه دار کردن روغن ماهی مطابقت داشت.در شکل ٦ رویه ی سطح پاسخ کارایی پوشینه دار شدن، تحت اثر متقابل دو متغیر مستقل ورودی سرعت آسپیراتور و درصد ظرفیت پمپ تغذیه نشان داده شده است که بر اساس آن، پودرهای تولید شده در سرعت بالای آسپیراتور و جریان تغذیه، کارایی پوشینه دار شدن بیشتری را داشتند. بر طبق ANOVA (جدول۳) ، ضریب تغییرات داده ها برای این پاسخ (۲/۹۸٪) دارای کم ترین مقدار می باشد و همچنین ($R^2 =$ ۸٦٪) بیان گر آن است که پارامترهای مستقل مورد مطالعه در ۸٦٪ از عملکرد کارایی پوشینه دار شدن دخیل بوده اند.

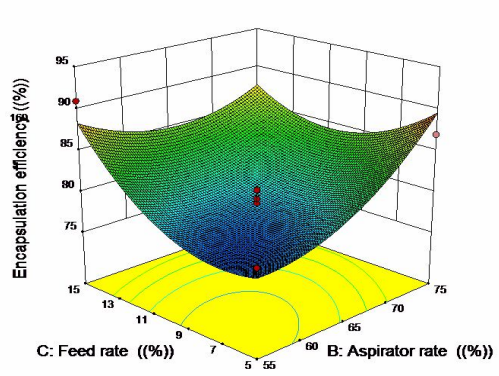


Fig 6 3D response surface plots for micro-encapsulation efficiency, B, Aspirator rate; C, pump feed rate percent.

۳-۵- شاخص پراکساید

شاخص پراکساید در نمونه ها از ۱۲/۱۱ تا ۲۳/۰۸ میلی اکی والان در یک کیلوگرم نمونه متغیر است(جدول ۲). شاخص پراکساید در نمونه ها پس از گذشت ۳ ماه اندازه گیری شد. از نتایج بدست آمده در جدول ۳ (ANOVA) پارامترهای معنی دار($p < ۰/۰۵$) بر این پاسخ شامل اثر خطی سرعت آسپیراتور، اثر خطی و اثر درجه دوم درصد ظرفیت پمپ تغذیه، اثر متقابل ۳ متغیر مستقل با یکدیگر بر پاسخ شاخص پراکساید بود .

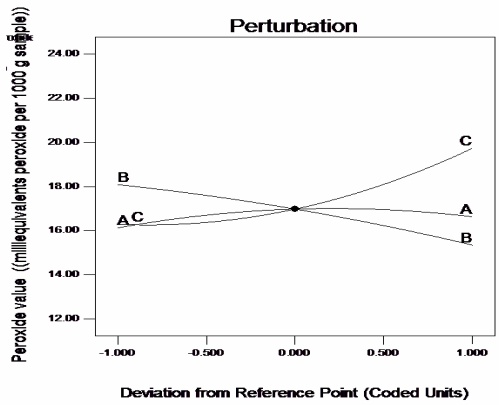


Fig 7 Perturbation graph, independent variables on peroxide value; input factors: A, inlet drying air temperature; B, aspirator rate; C, pump feed rate percent.

دمای هوای ورودی بر شاخص پراکساید اثر معنی داری نداشت ($p > ۰/۰۵$) که در شکل ۷ نیز اثرناچیز این پاسخ در اثر دما

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

مشهود است. با این حال برهمکنش دمای هوای ورودی با سایر متغیرهای مستقل ورودی بر شاخص پراکساید معنی دار بود (جدول ۳) که این اثرات متقابل در شکل ۸ نیز نشان داده شده است. نمودار پرشیدگی (شکل ۷) نشان داده است که در اثر افزایش سرعت آسپیراتور، میزان شاخص پراکساید پودرهای تولید شده کاهش داشته است که با نتایج حاصل از پژوهش تانون و همکاران (۲۰۱۱) [۲٤] بر روی ریزدرون پوشانی روغن تخم کتان مطابقت داشت. هرچه مقدار کارایی پوشینه دار شدن ذرات تولید شده بیشتر باشد، رها شدن روغن به سطح ذرات کمتر است و کمتر مستعد اکسیداسیون هستند و در نتیجه مقدار شاخص پراکساید آنها کم تر است[۲٤]. بر این اساس، افزایش سرعت آسپیراتور باعث افزایش کارایی پوشینه دار شدن و محافظت بیشتر در مقابل اکسیداسیون و نهایتاً کاهش شاخص پراکساید شده است (شکل ۷). افزایش شاخص پراکساید در اثر افزایش درصد ظرفیت پمپ تغذیه (شکل ۷)، با نسبت عکس میان کارایی پوشینه دار شدن و شاخص پراکساید قابل توجیه نیست زیرا که زیاد شدن درصد ظرفیت پمپ تغذیه سبب افزایش هر دو متغیر وابسته ی کارایی پوشینه دار شدن و شاخص پراکساید شده است. تجمع ذرات در محفظه ی خشک کن در اثر افزایش درصد ظرفیت پمپ تغذیه می تواند سبب شکل گیری پوسته نامناسب در اطراف ذرات گردد که محافظت نادرست از روغن تخمه ی کدو را در مقابل اکسیداسیون در پی دارد. از این رو سبب افزایش شاخص پراکساید می گردد. آغباشلو و همکاران (۲۰۱۲) [۱۱] نیز به نتایج مشابهی در رابطه با روند تغییر شاخص پراکساید در اثر افزایش سرعت آسپیراتور دست یافتند. نتایج حاصل از پژوهش براساس نتایج ANOVA قابل ذکر است که مقدار(R^2 = ٪۹٦) و(٪۹۳ = adj R^2) برای پاسخ شاخص پراکساید بیشترین مقدار را در مدل دارا بود (جدول۳). نزدیکی این دو مقدار به یکدیگر نشان گر آن است که مطالعه متغیرهای مستقل بکار برده شده در این تحقیق، تقریباً تمام تغییرات شاخص پراکساید را در برگرفته و تنها ۳٪ از تغییرات این پاسخ مربوط به عواملی بوده است که در نظر گرفته نشده اند. همچنین دقت کفایت برای این پاسخ در بالاترین سطح خود قرار داشت که گویای کفایت بالای مدل می باشد.

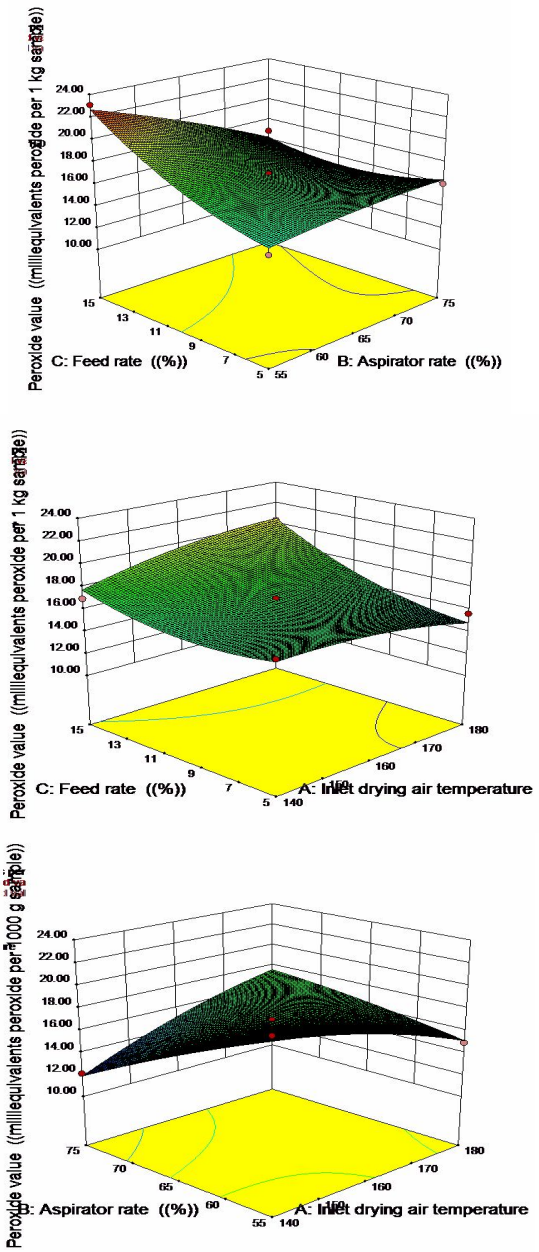


Fig 8 3D response surface plots for peroxide value as an interaction of the independent variables: A, inlet drying air temperature; B, aspirator rate; C, peristaltic pump rate.

۳-٦- تعیین شرایط بهینه برای تولید پودر پوشینه دار شده روغن تخمه ی کدو حلوایی

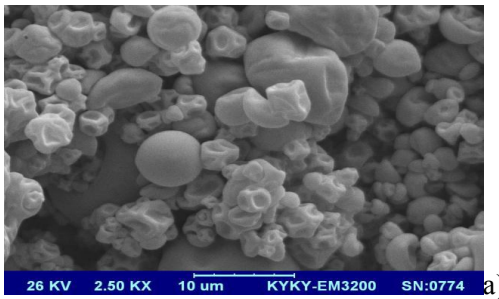
شرایط بهینه ی ریز پوشینه دار کردن روغن تخمه ی کدو حلوایی با هدف تولید پودر با بالاترین مقدار کارایی پوشینه دار شدن و کم ترین مقدار شاخص پراکساید توسط RSM تعیین گشت. بالا

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

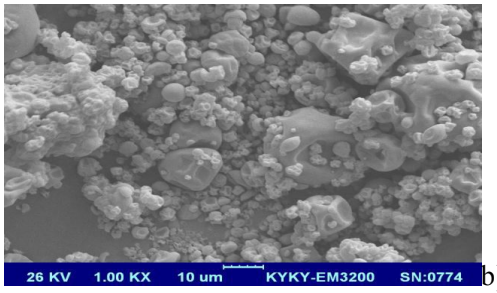
بودن کارایی پوشینه دار شدن و کم بودن شاخص پراکساید، طول عمر پودر را در محافظت از روغن محصور شده افزایش می دهد[۱۱]. دمای هوای ورودی ۱٤۱ ^{o}C، سرعت آسپیراتور ۷۵ ٪ و درصد ظرفیت پمپ تغذیه ۱۵٪، به عنوان شرایط بهینه فرآیند انتخاب شدند. پاسخ های پیش بینی شده ی مدل برای متغیرهای وابسته مقدار رطوبت، میانگین اندازه ی ذرات، دانسیته ی توده، کارایی پوشینه دار شدن و شاخص پراکساید بعد از ماه سوم تولید، به ترتیب ۲/۲٦ ٪،۲/۱۹ میکرومتر، ٤۰۷/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب، ۸٦/۲۳ ٪ و ۱۲/۱۱ میلی اکی والان بر کیلوگرم نمونه، بودند. نمونه ی بهینه بر اساس شرایط بدست آمده تولید گشت و نتایج آزمون های محتوای رطوبت، ، میانگین اندازه ی ذرات، دانسیته ی توده، کارایی پوشینه دار شدن برای آن ۲/۳۱ ٪،۲/۲۱ میکرومتر، ٤۰۷/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب، ۸٦/٤۱ ٪ بدست آمد. نزدیکی مقادیر پیش بینی شده و نتایج بدست آمده از آزمایش ها، توانایی مدل را در پیش بینی نتایج نشان می دهد که گویای اعتبار و صحت بهینه سازی است.

۳-۷- بررسی ساختار پودرهای پوشینه دار شده

ویژگی های ساختاری ذرات پوشینه دار شده در شرایط بهینه، توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل KYKY-EM3200 (آمریکا) مشاهده شد (شکل۹).



a)



b)

Fig 9 Scanning electron microscopy images of microencapsulated pumpkin seed oil at magnification of 1000× (a) and 2500× (b).

عکس ها در ولتاژ شتابی معادل KV 26 با بزرگنمایی ۱۰۰۰× و ۲۵۰۰× گرفته شدند.

همانگونه که در شکل ۹ قابل مشاهده است، ذرات تولید شده ی بهینه غالباً به شکل کروی با سطحی صاف و چروکیده وفاقد شکستگی و ترک خوردگی بودند که مطابق با نتایج حاصل از پژوهش های نیجدام و همکارن (۲۰۰٦) [۲۵] و رینه سئوس (۲۰۰٤) [۲٦] بود. وجود ذرات چروکیده به دلیل زمان طولانی خشک شدن در دمای پایین

(۱٤۱^{o}C) می باشد[۲۵]. خشک شدن ذرات در دماهای بالا به دلیل تشکیل سریع پوسته، از چروک شدگی آن جلوگیری می کند[۲٦]. نداشتن پوسته ی شکسته و ترک خورده در سطح ذرات، نشانگر توانایی بهتر پوسته در محافظت از روغن محصور شده است. ذرات دارای ترک خوردگی و شکستگی در پوسته، نسبت به گازها نفوذپذیر هستند و محافظت کمتری از مواد فعال درون خود دارند[۲۷]. تفاوت مشاهده شده در اندازه ی ذرات پوشینه دار شده، از ویژگی های پودرهای تولیدی با خشک کن پاششی است.

۳-۸- بررسی نمایه اسیدهای چرب

ترکیب اسید چرب روغن تخمه ی کدو حلوایی، قبل و بعد از پوشینه دار شدن در شرایط بهینه، توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف سنج جرمی مدل Hewlett Packard (آمریکا) تعیین شدند. بدین منظور آماده سازی نمونه برای تزریق به دستگاه، بر اساس استاندارد ISO/TC 34/SC 11, N 5509 صورت گرفت[۲۸]. نتایج حاصل از این آنالیز در جدول ٤ نشان داده شده است. اسیدهای چرب عمده ی موجود در روغن تخمه ی کدو حلوایی، پالمتیک اسید، استئاریک اسید، اولئیک اسید و لینولئیک اسید هستند که اسید های چرب اولئیک و لینولئیک، عمده اسیدهای چرب غیر اشباع در روغن تخمه کدو حلوایی می باشند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

Table 4 Fatty acid composition before and after microencapsulation

Fatty acid content	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	Others	TUFA
Before microencapsulation	17.15	13.46	8.33	47.70	2.2	__	56.03
After microencapsulation	18.33	19	14.02	42.56	3.82	0.3	56.58

TUFA: total unsaturated fatty acid.

این یافته با نتایج حاصل از پژوهش های گوهری اردبیلی و همکاران (۲۰۱۱) [۲۹]، آنجلوویک و همکاران (۲۰۱۰) [۳۰] و استیونسون و همکاران (۲۰۰۷) [۳۱] برروی ترکیبات شیمیایی روغن تخمه کدو حلوایی مطابقت داشت. در مقایسه بین اسید های چرب روغن خالص و روغن پوشینه دار شده، تفاوت معنی داری میان مقدار اسیدهای چرب غیر اشباع کل مشاهده نمی شود که می توان بیان داشت ریز درون پوشانی این روغن از میزان اسیدهای چرب عمده و مفید آن نمی کاهد و می تواند به عنوان روشی کارآمد لحاظ گردد.

٤- نتیجه گیری

شرایط کاری خشک کن پاششی، علی الخصوص سرعت آسپیراتور و درصد ظرفیت پمپ تغذیه، به طور قابل توجهی خواص میکروکپسول های تولید شده را تحت تأثیر قرار می داد. آنالیز نتایج نشان داد که دمای هوای ورودی خشک کن پاششی تأثیر معنی داری روی تغییرات پاسخ ها نداشت که علت آن را می توان دامنه دمایی کم (۱٤۰ °C تا ۱۸۰ °C) دانست. دمای هوای خشک کننده برابر ۱٤۱ °C، نرخ آسپیراتور برابر ۷۵٪ و درصد ظرفیت پمپ تغذیه برابر ۱۵٪ به عنوان نقطه ی بهینه جهت ریز پوشانی روغن تخم کدو حلوایی انتخاب شدند. اندازه گیری شاخص پراکساید پس از گذشت ۳ ماه نشان داد که پوشینه دار کردن توانسته بعنوان راه حلی جهت جلوگیری از اکسیداسیون هرچه سریع تر روغن، عمل کند. ریزپوشینه دار کردن روغن تخمه ی کدو حلوایی از میزان اسیدهای چرب عمده و مفید آن نمی کاهد و بعنوان روشی کارآمد لحاظ می گردد.

۵- منابع

[1] Shfie Mashtany, S., Gharachorloo, M., Delkhosh, B. (22010). Physicochemical evaluation of oil extracted from different varieties of Iranian pumpkin seeds. Food Technology and Nutrition, 7(4), 57-67. [In Persian[

[2]http://www.waaj.ir/mods.php?id=News&file=article&sid= 1336

[3] Rabrenović, B. B., Dimić, E. B., Novaković, M. M., Tesević, V. V., & Basić, Z. N. (2014). The most important bioactive components of cold pressed oil from different pumpkin (Cucurbita pepo L.) seeds. LWT- Food Science and Technology, 55 (2), 521-527.

[4] Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., & Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. Procedia Food Science, 1 (1), 1806-1815.

[5] Goud H, k., Jin Park, Desai and Hyun. (2005). Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. Journal of Drying Technology, 23(1), 1361-1394.

[6] Turchiuli, C., Fuchs, M., Bohin, M., Cuvelier, M., Ordonnaud, C., peyrat-Maillard, M., Dumoulin, E. (2005). Oil encapsulation by spray drying and fluidised bed agglomeration. Journal of Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6(1), 29-35.

[7] Jafari SM., Assadpoor E., He, Y., Bhandari, B. (2008). Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. Drying Technology, 26(7), 816–835 .

[8] Aghbashlo, M., Mobli, H., Madadlou, A. & Rafiee, S. (2012'a'). The correlation of wall material composition with flow characteristics and encapsulation behavior of fish oil

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[18] Chegini, G. R., Ghobadian B. (2005). Effect of spray-drying condition on physical properties of orange juice powder, Drying Technology, 23(3), 657-668.

[19] Tee, L. H., Luqman Chuah, A., Pin, K. Y., Abdull Rashih, A., Yusof, Y. A. (2012). Optimization of spray drying process parameters of Piper betle L.(Sirih) leaves extract coated with maltodextrin. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 4(3), 1833-1841.

[20] Seddighi pashaki, A., Emam-djomeh, Z., Askari, G. (2016). Evaluation of spray drying parameters on physicochemical properties of seedless black Barberry (Berberis Vulgaris L.) juice. 20th International Drying Symposium, Japan.

[21] Filkova´, I., Huang L. X, Mujumdar, A. S. (2006). Hand book of industrial drying. (3rd ed.). In Mujumdar, A. S. (ed.), Industrial spray drying systems (pp. 215-254). CRC Press, Taylor & Francis Group.

[22] Souza, A. S., Borges, S. V., Magalhães, N. F., Ricardo, H. V., Cereda, M. P., Daiuto, E. R. (2009). Influence of spray drying conditions on the physical properties of dried pulp tomato. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 29(2), 291-294.

[23] Bhandari, B. R., Dumoulin, E. D., Richard, H. M. J., Noleau, I., Lebert, A. M. (1992). Flavor encapsulation by spray drying – application to citral and linalyl acetate. Journal of Food Science, 57(1), 217-221.

[24] Tonon, R. V., Grosso, C. R. F., & Hubinger, M. D. (2011). Microencapsulation of flaxseed oil by spray drying: Influence of process conditions and emulsion properties. 11th International Congress on Engineering and Food, Athens, Greece, 1-6.

[25] Nijdam, J. J. & Langrish, T. A. G. (2006). The effect of surface composition on the functional properties of milk powders. Journal of Food Engineering, 77(4), 919-925.

[26] Reineccius, G. A. (2004). The spray drying of food flavours. Drying Technology, 22(6), 1289 -1324.

emulsion. Food Research International, 49(1), 379-388 .

[9] Badee, A. Z. M., Amal, E Abd El-kader & Hanan, M. Aly. (2012). Microencapsulation of peppermint oil by spray drying. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(12), 499-504.

[10] AOAC (1984). AOAC official analytical methods - AOAC International. MD, USA: Gaithersburg.

[11] Aghbashlo, M., Mobli, H., Madadlou, A. & Rafiee, s. (2012'b'). Integrated optimization of fish oil microencapsulation process. Journal of Micro-encapsulation, 29(8), 790–804.

[12] Carneiro, H. C. F., Tonon, R. V., Grosso, C. R. F., Hubinger, M. D. (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. Journal of Food Engineering, 115(4), 443-451.

[13] Goula, A. M., Adamopoulos, K. G. & Kazakis, N. A. (2004) Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. Drying Technology, 22, 1129-1151.

[14] ISO 3976/IDF 74:2006, Milk fat - Determination of peroxide value. (Second edition.(

[15] Shantha, N. C. & Decker, E. A. (1994). Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. Journal of the Association of Official Analyticla Chemists, 77, 421-424.

[16] Partanen, R., Raula, J., Seppänen, R., Buchert, J., Kauppinen, E. and Forssell, P. (2008). Effect of relative humidity on oxidation of flaxseed oil in spray dried whey protein emulsions. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(14), 5717-5722.

[17] Anandharamakrishnan, C. & Ishwarya, S. P. (2015). Spray drying techniques for food ingredient encapsulation. (First ed.), Analysis of spray dried encapsulates (pp. 210-224). IFT collections, Wiley Blackwell.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[27] Teodoro, R. A. R., Fernandes, R. V. B., Botrel, D. A., Borges, S. V., Souza, A. U. (2014). Characterization of microencapsulated rosemary essential oil and its antimicrobial effect on fresh dough. Food and Bioprocess Technology, 7(9), 2560-2569.

[28] ISO/TC 34/SC 11, N5509. (2000). Animal and vegetable fats and oils -Preparation of methyl esters of fatty acids.

[29] Gohari Ardabili, A., Farhoosh, R., and Haddad Khodaparast, M. H. (2011). Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (Cucurbita pepo Subsp. pepo Var. Styriaka) Grown in Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 13, 1053-1063.

[30] Andjelković, M., Van Camp, J., Trawka, A., & Verhe′, R. (2010). Phenolic compounds and some quality parameters of pumpkin seed oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 112, 208-217.

[31] Stevenson, D. G., Eller, F. J., Wang, L., Jane, J. L., Wang, T. and Inglett, G. E. (2007). Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(10), 4005-4013.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

Effects of drying conditions on the Physical and chemical properties of pumpkin seed oil powder

Geranpour, M. [1], Asadi, G. H. [2*], Emam Jomeh, Z. [3]

1. MSc, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Professor, Department of Food Science, Technology and Engineering, University of Tehran, Iran.

(Received: 2017/03/15 Accepted:2017/06/17)

The aim of the present study was to investigating the effects of some process conditions on the microencapsulation of pumpkin seed oil (PSO). The laboratory spray dryer was used for microencapsulating of PSO. Gum Arabic, maltodextrin DE-6, and whey protein concentrate (WPC) were used as wall materials of the microcapsules. Independent variables examined in this study were inlet drying air temperature (140-180 ℃), aspirator rate (55-75%), and pump feed rate percent (5-15%), and dependent variables were moisture content (%W.b.), average particle size (µm), bulk density (kg/m^3), microencapsulation efficiency (%), and peroxide value (meq of peroxide 1000^{-1} sample). The RSM method was applied to establish the relationship between the independent and dependent variables. Consequently, the optimum drying conditions for microencapsulation of PSO with maximum MEE and minimum POV was found to be inlet air temperature 141 ℃, aspirator rate 75 %, and pump feed rate percent 15%. The optimized powder produced according to this conditions and its chemical properties studied.

Key words: Pumpkin seed oil, Microencapsulation, Spray dryer, Efficiency, Optimization

* Corresponding Author E-Mail Address: asadi@srbiau.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]