

## بوبری روغن دنبه گوسفند با امواج فرا صوت و ارزیابی شدت بو با استفاده از بینی الکترونیکی و آزمون حسی

آسیه دوستی<sup>1</sup>، کاظم جعفری نعیمی<sup>2</sup>، محمد بلوردی<sup>3\*</sup>، حمید مرتضی پور<sup>2</sup>

1- دانشجوی دکتری، بخش مهندسی مکانیک بیو سیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

2- استادیار، بخش مهندسی مکانیک بیو سیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

3- استادیار، بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

(تاریخ دریافت: 98/10/09 تاریخ پذیرش: 98/12/19)

### چکیده

روغن دنبه گوسفند به دلیل پایداری در برابر اکسیداسیون و عدم مطلوب آن، یک روغن سرخ کردنی مناسب است. این روغن با داشتن اسیدهای چرب مفید می‌تواند نقش موثری در سلامت مصرف کننده ایفا نماید. فرایندهای تصفیه روغن دنبه، از جمله بوبری آن در افزایش کیفیت روغن اهمیت زیادی دارند. بوبری یک فرایند جداسازی است که در آن مقدار مشخصی از گاز جدا کننده ترکیبات فرار، در مدت زمان معینی از میان روغن داغ تحت شرایط خلاء عبور می‌کند و ترکیبات فرار و عامل ایجاد بو را از روغن خارج می‌کند. در این پژوهش، بوبری روغن دنبه با کمک امواج فرما صوت انجام شد و اثرات دما، زمان و توان فرما صوت روی شدت بو در طی فرایند بوبری، با استفاده از روش سطح پاسخ بررسی گردید. شدت بو به دو روش حسی و بینی الکترونیکی ارزیابی شد. همچنین، ترکیب اسیدهای چرب قبل و بعد از فرایند بوبری مقایسه شدند. نتایج پروفایل اسیدهای چرب نشان داد که حدود 46/72% از اسیدهای چرب روغن دنبه را اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک، استئاریک، مارگاریک و میریستیک) و مابقی (53/28%) آن را اسیدهای چرب غیر اشباع تشکیل داده بود که عمده‌ترین آنها اسید اولئیک (39/67%) بود. بر اساس نتایج آنالیز واریانس، ترکیب و نوع اسیدهای چرب قبل و بعد از بوبری نزدیک به هم بوده و مقدار اسیدهای چرب در طول بوبری تغییر جزئی داشتند. در نهایت، شرایط بهینه در دمای 162 درجه سلسیوس، زمان 110 دقیقه و توان فرما صوت 165 وات برای بوبری روغن دنبه به کمک امواج فرما صوت، به وسیله بینی الکترونیکی و ارزیابی حسی تعیین شد.

**کلید واژگان:** امواج فرما صوت، اسیدهای چرب، بوبری، ترکیبات فرار، روش سطح پاسخ.

\* مسئول مکاتبات: mbalvardi@uk.ac.ir

### تعیین ماهیت و اصالت آن‌ها دارد [6].

در مطالعات متعددی بوبری روغن و اثرات آن مورد بررسی قرار گرفته است. در این زمینه می‌توان به تصفیه شیمیابی و بوبری روغن ماهی در دمایها و زمان‌های مختلف اشاره کرد. در یک پژوهش ویژگی‌های بوی ماهی، بوی سرخ کردن و بوی تن، عمدتاً با ارزیابی حسی بررسی شد. در نهایت شرایط دمایی  $200^{\circ}\text{C}$  و زمان یک ساعت برای بوبری روغن ماهی توصیه شد [7]. احمدزاده و گلی (1389) برخی از روش‌های جدید بوبری روغن ماهی و نتایج حاصل از آن را مورد بررسی قرار دادند. در ابتدا برخی از خواص فیزیکی و شیمیابی روغن ماهی با استفاده از روش‌های متداول، اندازه‌گیری و سپس بوگیری به روش شیمیابی و بر مبنای حذف پروتئین‌های موجود در روغن انجام گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که بوبری با استفاده از آمونیوم سولفات بهترین کارائی را در پی داشت [8].

از کاربردهای بینی الکترونیک در بخش کشاورزی می‌توان به تشخیص تقلب در روغن [9]. پیش‌بینی زمان برداشت و میزان رسیدگی محصول [10] و تعیین کیفیت محصولات در طول دوره انبارداری [11] اشاره نمود. در یک پژوهش بوبری روغن هسته انار و شاخص‌های آن مورد بررسی قرار گرفت. کیفیت این روغن به دو روش حسی و بینی الکترونیک ارزیابی شد. از نتایج ارزیابی حسی مشخص شد بهترین شرایط بوبری وقتی است که نمونه در دمای  $150^{\circ}\text{C}$ ، زمان یک ساعت و دبی گاز 300 میلی‌لیتر بر دقیقه بوبری شود [12].

هدایتی فر (1396) در تحقیقی میزان اسیدهای چرب ترانس و اشباع روغن‌های حیوانی و دنبه را مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد در روغن دنبه، مجموع اسیدهای چرب ترانس و اسیدهای چرب اشباع به ترتیب 0/3% و 40/7% است [13]. بیلماز و کاراکایا (2010) چربی دنبه گوسفندی ترکیه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد دنبه دارای درصد بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع می‌باشد که 38% آن را اسید چرب تک غیر اشباع اولیه‌ک تشکیل می‌دهد [14].

جا هوچ-ربایی و همکاران (2008) برای رنگبری روغن زیتون از تکنیک فراصوت در دمای  $47^{\circ}\text{C}$  و زمان‌های 20 تا 45 دقیقه استفاده نمودند. نتایج نشان داد روش فراصوت نسبت به روش متداول رنگبری، توانایی بیشتری در کاهش رنگ در دماهای کمتر و زمان کوتاه‌تر دارد [15].

### ۱- مقدمه

کشور ما از نظر روغن‌های خوراکی به خارج وابسته است و بیش از 50% از روغن لازم برای مصرف‌های مختلف غذایی از منابع خارجی تامین می‌شود. بی‌تردید مقابله با چنین مسئله مهمی نیازمند یک برنامه جامع و فراگیر است که در آن تمام عوامل و شرایط موثر و تعیین‌کننده در راه رهایی از این وابستگی به طور منطقی لحاظ شده باشند. از جمله این عوامل در نظر گرفتن کلیه منابع روغنی است که می‌توانند در رژیم غذایی جامعه استفاده گرددند. چربی ذخیره گاو و گوسفند به عنوان یکی از این منابع می‌باشد [1]. چربی دنبه، بالاترین کیفیت تغذیه‌ای را از لحاظ ترکیب اسیدهای چرب در میان انواع چربی‌های ذخیره شده در بدن گوسفند دارا می‌باشد [2]. حذف بوی نامطلوب چربی دنبه گوسفند مشکل است. این مساله، استفاده خوراکی از دنبه گوسفند را برای بیشتر افراد با مشکل مواجه می‌سازد. چربی دنبه گوسفند نسبت به چربی گاو سخت‌تر و ترددتر بوده و قابلیت سرخ کردن بیشتری دارد [3]. بالا بودن میزان اسید اولیه در چربی دنبه و گران بودن روغن‌های گیاهی مشابه نظری کره کاکائو سبب شده است که توجه محققین بر اصلاح خصوصیات روغن دنبه نظری حذف کلسترول و بوبری آن معطوف گردد [4].

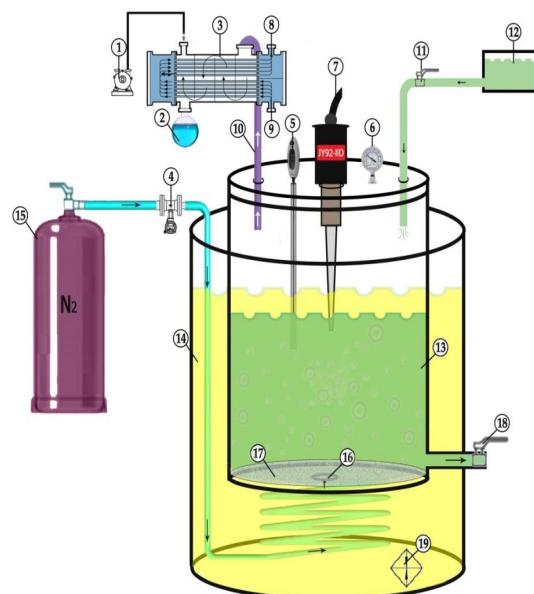
اساس بوبری اختلاف بین فراریت روغن (تری‌گلیسریدها) و ناخالصی‌های فرار معطر در روغن است. این فرایند، اساساً یک فرایند انتقال جرم است که از طریق حرارت دادن روغن، در دمای بالا و تحت خلاء انجام می‌شود. در واقع بوبری یک فرایند جداسازی است که در آن عامل جداسازی (عمولاً بخار) در مدت زمان معینی از میان روغن داغ تحت فشار پایین (کمتر از یک کیلو پاسکال) می‌گردد. عموماً آخرین مرحله در تصفیه شیمیابی روغن خوراکی، تصفیه با بخار می‌باشد [3]. فرایند بوبری به حذف ترکیبات عامل فساد کمک کرده، مدت ماندگاری را افزایش داده، پایداری طعم را ارتقاء بخشیده و رنگ روغن را کاهش می‌دهد [5]. جز اصلی ساختار تری‌گلیسرول‌ها، اسیدهای چرب می‌باشند و بر اساس نوع و درصد وزنی اسیدهای چرب موجود در روغن‌ها می‌توان به منشا آن‌ها پی برد. میزان اسیدهای چرب با توجه به فاکتورهای اثرگذار روی آن‌ها مانند واریته گیاهان مورد استفاده در تغذیه دام، اقلیم و عملیات کشاورزی و همچنین نژاد دام تا حدودی تغییر می‌کند. ویژگی‌های روغن‌ها اهمیت بسزایی در

طرح واره دستگاه بوبیری روغن مورد استفاده در این پژوهش در شکل 1 آورده شده است. این سامانه شامل مخزن روغن حیوانی از جنس استیل 316L مخزن روغن معدنی (به منظور ایجاد دماهای بالا تا  $250^{\circ}\text{C}$  و جلوگیری از سوختن روغن حیوانی)، پمپ خلا (S5 0006 F, Push, Iran)، دستگاه هموزنایزر اولتراسونیک (JY92-IID, Scientz, Taiwan)، کنداسور، کلکتور، فشارسنج، ترموموپل (Autonics, South Korea) مخزن گاز نیتروژن، دبیسنج گاز نیتروژن، شیر کنترل یکطرفه و المتن حرارتی (2000 W) بود. در هر مرحله 300 میلی لیتر روغن دنبه برای بوبیری وارد مخزن روغن حیوانی شد. دبی گاز نیتروژن در حین فرآیند 2 L/min mm Hg با فشار مطلق محفظه تحت خلا برابر با 20 بود.

با توجه به اهمیت بوبیری روغن های خوارکی بر ویژگی های محصول نهایی و مصرف زیاد روغن دنبه گوسفند در ایران، تحقیق حاضر با هدف بررسی شرایط بهینه کاهش شدت بوی روغن دنبه گوسفند انجام شد. برای این منظور اثرات دما، زمان و توان فراصوت روی شدت بوی روغن دنبه مورد بررسی قرار گرفت و در پایان پروفایل اسیدهای چرب روغن بوبیری شده با روغن اولیه مقایسه شد. بررسی ها حاکی از آن است که اطلاعات چندانی در خصوص بوبری روغن دنبه با کمک امواج فراصوت و ارزیابی و بهینه سازی آن با روش های بینی الکترونیک در پژوهش های پیشین گزارش نشده است.

## 2- مواد و روش ها

### 2-1-2- تنظیمات دستگاه بوبیری



- |                     |                      |                           |                      |
|---------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1. Vacuum pump      | 2. Collector         | 3. Condenser              | 4. Gas flow meter    |
| 5. Thermocouple     | 6. Barometer         | 7. Ultrasonic probe       | 8. Water outlet duct |
| 9. Water inlet duct | 10. Gas outlet       | 11. Oil inlet valve       | 12. Animal oil       |
| 13. Animal oil tank | 14. Mineral oil tank | 15. Nitrogen gas cylinder | 16. One-way valve    |
| 17. Porous plate    | 18. Oil drain valve  | 19. Heater                |                      |

**Fig 1** A schematic of the deodorization system

روش، هریک از ارزیابها محصولات را با استفاده از یک پرسشنامه توصیف می کنند. در پژوهش حاضر ارزیابی حسی با استفاده از تست هدونیک 9 نقطه ای توسط 36 ارزیاب آموزش دیده در محدوده سنی 18 تا 45 سال انجام شد.

### 2-2- اندازه گیری شدت بو

روش های مختلفی برای اندازه گیری شدت بو وجود دارد. قدیمی ترین روش مورد استفاده ارزیابی حسی می باشد. در این

حسگر است که به منظور آماده سازی پاسخ حسگر گازی برای تجزیه و تحلیل انجام می شود. پیش پردازش اطلاعات، تاثیر زیادی روی عملکرد روش های تشخیص الگو دارد و به روش های متفاوتی انجام می شود [17]. در این پژوهش، از رابطه 1 برای نرم افزاری و پیش پردازش داده های حسگر گازی استفاده شد [18].

$$O = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max}} \quad \text{رابطه (1)}$$

که در رابطه فوق O: داده نرم افزاری شده،  $V_{\max}$ : داده بیشینه و  $V_{\min}$ : داده کمینه است.

### 3-3- تعیین پروفایل اسیدهای چرب روغن

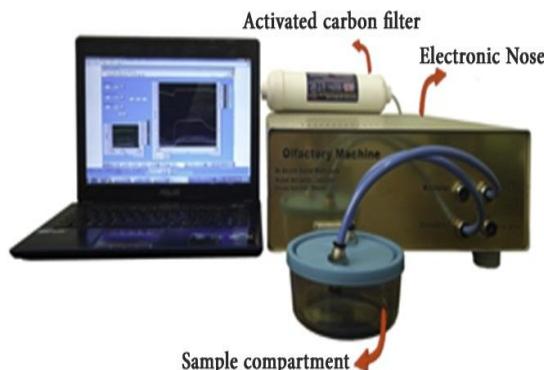
#### دنبه با کروماتوگرافی گازی

کروماتوگرافی گازی یکی از روش های کروماتوگرافی است که برای بررسی و جداسازی مواد فرار بدون تجزیه آنها به کار می رود. ترکیب اسیدهای چرب روغن دنبه مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 4091 با استفاده از یک دستگاه کروماتوگرافی گازی اندازه گیری شد [19]. دستگاه (GC-FID 6890, Agilent, USA) مورد استفاده مجهر به آشکارساز FID و ستون مؤین (-CP) (CP-Sill 88, Agilent, USA) بود. دمای آشکارساز، محفظه تزریق نمونه و آون به ترتیب 260, 280 و 180°C بود. از گاز نیتروژن با دبی 0/7 میلی لیتر بر دقیقه به عنوان گاز حامل استفاده شد.

### 4-2- تجزیه و تحلیل اطلاعات

جهت آنالیز آماری و تعیین شرایط بهینه از روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی<sup>2</sup> استفاده گردید. فاکتورهای مورد آزمایش دما، زمان و توان فرما صوت بودند (جدول 1) که هر کدام در پنج سطح مورد بررسی قرار گرفتند. از تکرار در نقطه مرکزی برای تخمین خطای آزمایش و محاسبه تکرار پذیری روش استفاده شد. پارامتر به دست آمده در هر آزمون، شدت بو استفاده شد. داده های به دست آمده با استفاده از نرم افزار (OD) بود. داده های به دست آمده با ترسیم شد. Design Expert 7.0.0 مناسب بودن مدل با ضریب همبستگی  $R^2$  مورد بررسی قرار گرفت و اهمیت آماری آن با تجزیه و تحلیل آزمون F بررسی شد.

ارزیاب ها با بررسی هر پارامتر در محصول مورد ارزیابی به هر نمونه یک امتیاز دادند (به عنوان مثال، 1 = شدت بو بسیار زیاد و نامطلوب تا 9 = شدت بو بسیار ضعیف و مطلوب) [12]. یک روش دیگر برای ارزیابی بو استفاده از بینی الکترونیک است. بینی الکترونیک از ترکیبات فرار برای شناسایی و دسته بندی نمونه ها استفاده می کند. در این پژوهش برای طبقه بندی بوی روغن دنبه در حالت های مختلف بوبری از سامانه چند حسگری ماشین بويابي بر پایه حسگرهای نيمه هادي اکسید فلزی<sup>1</sup> استفاده شد. اين سامانه توسط کرامت جهرمی و همکاران (2019) به منظور ایجاد روشی سریع، حساس و قابل اطمینان طراحی و ساخته شد. کرامت جهرمی و همکاران (2019) در پژوهش مذکور هشت حسگر مختلف را برای شناسایی موثر ترین حسگر در طبقه بندی نمونه های مختلف بررسی نمودند که در نهایت حسگر 822 TGS به عنوان موثر ترین حسگر در ارزیابی بوی نمونه ها در نظر گرفته شد [16]. شکل 2 سامانه ماشین بويابي مورد نظر را نشان می دهد.



**Fig 2** Electronic nose system [16]

به منظور ارزیابی سامانه بويابي، نمونه های بوبری شده در محفظه نمونه قرار گرفت. 20 گرم روغن دنبه ذوب شده در دمای 50 درجه سلسیوس به مدت 30 دقیقه درون محفظه نمونه (با حجم 200 میلی لیتر) نگه داشته شد تا به منظور انجام آزمایش ها، رایحه روغن دنبه به محفظه نمونه منتقل شود. سپس آزمایش های ماشین بويابي انجام شد. اولین مرحله در تجزیه و تحلیل داده های حسگر گازی، پیش پردازش پاسخ

**Table 1** Coded and actual values of independent variables used for central composite design in the deodorization of sheep tail fat

Symbol	Variables	Levels				
		-1.68	-1	0	+1	+1.68
X <sub>1</sub>	Temperature (°C)	119.55	140	170	200	220.45
X <sub>2</sub>	Time (min)	9.55	30	60	90	110.45
X <sub>3</sub>	Ultrasonic power (W)	22.05	80	165	250	307.95

### 3- نتایج و بحث

#### 1- بررسی شدت بو

##### 1-1-3- روش ارزیابی حسی

(X<sub>2</sub>) و توان دوم درجه حرارت (X<sub>1</sub><sup>2</sup>) اثرات بسیار زیادی (P <0/01) روی کاهش شدت بوی روغن دنبه داشتند. پارامترهای توان فراصوت (X<sub>3</sub>)، اثر متقابل زمان و دما (X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>) و توان دوم پارامترهای زمان و توان فراصوت (X<sub>3</sub><sup>2</sup>) و توان دوم اثر معنی داری (P <0/05) بر کاهش شدت بوی روغن داشتند. ضریب همبستگی برای امتیاز ارزیابها 0/9770 نشان داد که درجه حرارت (X<sub>1</sub>)، زمان بوبrie ANOVA بدست آمد.

شدت بوی نمونه های روغن به روش هدوانیک 9 نقطه ای ارزیابی شد. جدول 2 نتایج آنالیز واریانس ارزیابی شدت بو به روش حسی را نشان می دهد. مقادیر p-value از نتایج

**Table 2** The results of ANOVA analysis of response surface model for odor intensity estimated by sensorial evaluation in deodorization of sheep tail fat

Source	Sum of squares	Degree of freedom	F-value	p-value
Odor (R <sup>2</sup> = 0.9770)				
Model	38.41	7	72.69	< 0.0001
X <sub>1</sub>	32.14	1	425.79	< 0.0001
X <sub>2</sub>	1.18	1	15.67	0.0019
X <sub>3</sub>	0.51	1	6.71	0.0236
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.48	1	6.36	0.0268
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	3.60	1	47.74	< 0.0001
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	0.44	1	5.83	0.0326
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	0.55	1	7.33	0.0190
Residual	0.91	12		
Lack of Fit	0.79	7	4.82	0.0511 ns
Pure Error	0.12	5		
Correction total	39.31	19		

P < 0.05 indicates statistical significance. X<sub>1</sub>: Temperature, X<sub>2</sub>: Time, X<sub>3</sub>: Ultrasonic power, and ns: not significant.

در شکل 3 نشان داده شده است. اثرات درجه دوم پارامترها همانطور که از نمودار پیداست، سبب حالت انحصار در نمودار شدنند. از رابطه 2 و شکل 3 مشاهده می شود با افزایش درجه حرارت و مدت زمان بوبrie، امتیاز ارزیابها به روغن دنبه بوبrie شده افزایش یافته است. دلیل افزایش بوبrie با افزایش درجه حرارت را می توان به خاطر نقطه جوش پایین تر ترکیبات فرار روغن دانست که با افزایش دما با سرعت بیشتری وارد فاز گازی می شوند. در مورد زمان بوبrie می توان به این نکته اشاره کرد که با گذشت زمان ترکیبات فرار، مدت زمان بیشتری برای تماس با گاز نیتروژن دارند بنابراین با افزایش

مدل سطح پاسخ بدست آمده برای شدت بوی روغن بر اساس معادله چند جمله ای مرتبه دوم برای فاکتورهای معنی دار به شرح زیر است:

رابطه 2

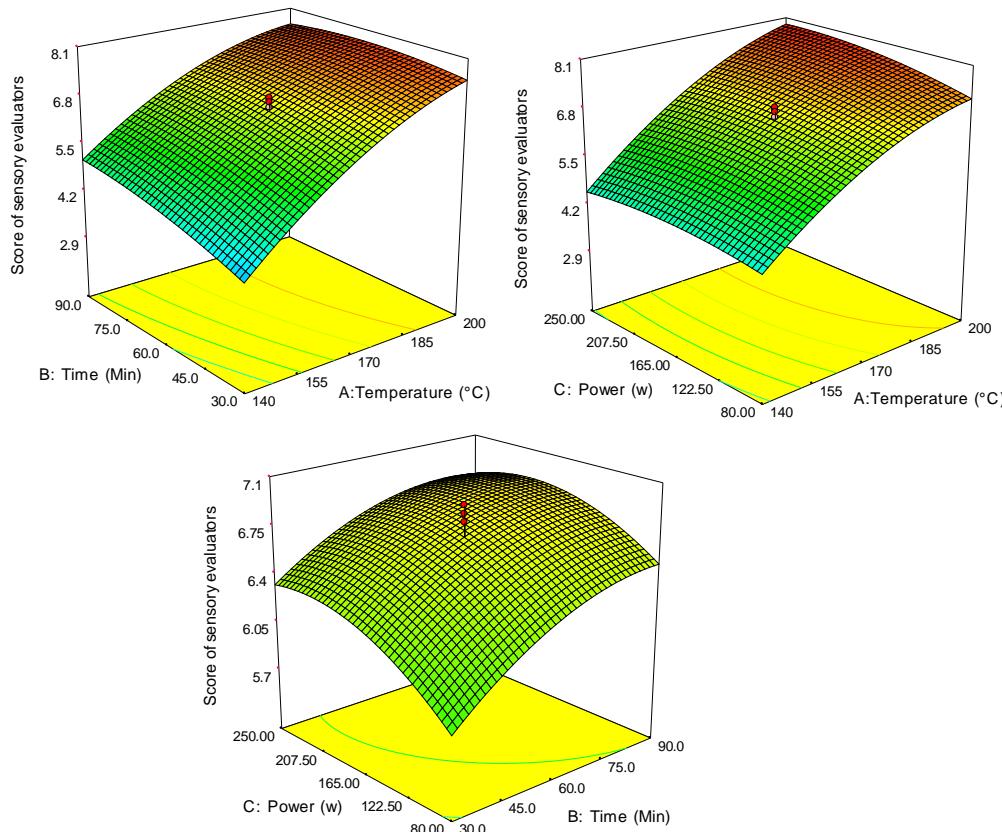
$$OD1 = - 23.18361 + 0.25637 X_1 + 0.079388 X_2 + 0.011216 X_3 - 2.72222 \times 10^{-4} X_1 X_2 - 5.55584 \times 10^{-4} X_1^2 - 1.94174 \times 10^{-4} X_2^2 - 2.71239 \times 10^{-5} X_3^2$$

که در این رابطه OD1 نشان دهنده شدت بوی روغن در روش ارزیابی حسی می باشد.

نمودار سه بعدی سطح پاسخ تاثیر پارامترهای دما، زمان و توان فرراصوت بر شدت بو در ارزیابی حسی روغن دنبه بوبrie شده

سه عامل در کاهش بو موثر بوده اند.

زمان، میزان بوبیری افزایش می یابد. در کل بوبیری روغن دنبه با افزایش دما، زمان و توان فراصوت افزایش یافته است و هر



**Fig 3** The effects of different parameters on sensorial evaluation scores of sheep tail fat after deodorization (A: Temperature, B: Time, and C: Ultrasonic power)

سطح 1% ( $P < 0/01$ ) بر شدت بوی روغن دنبه معنی دار است

و پارامترهای زمان ( $X_2$ ), توان فراصوت ( $X_3$ ) و اثر متقابل زمان و دما ( $X_1X_2$ ) نیز بر شدت بو اثر معنی دار ( $P < 0/05$ ) دارند.

### 2-1-3 روش ماشین بویایی

نتایج تجزیه واریانس بررسی اثر پارامترهای دما، زمان و توان فراصوت بر پاسخ شدت بو به روش بینی الکترونیک در جدول 3 آورده شده است. نتایج نشان می دهد درجه حرارت ( $X_1$ ) در

**Table 3** The results of ANOVA analysis of response surface model for odor intensity estimated by electronic nose in deodorization of sheep tail fat

Source	Sum of squares	Degree of freedom	F-value	p-value
Odor ( $R^2=0.9372$ )				
Model	0.13	4	55.97	< 0.0001
$X_1$	0.12	1	197.91	< 0.0001
$X_2$	$8.65 \times 10^{-3}$	1	14.68	0.0016
$X_3$	$3.57 \times 10^{-3}$	1	6.05	0.0266
$X_1X_2$	$3.08 \times 10^{-3}$	1	5.22	0.0372
Residual	$8.84 \times 10^{-3}$	15		
Lack of Fit	$7.77 \times 10^{-3}$	10	3.63	0.0837 <sub>ns</sub>
Pure Error	$1.07 \times 10^{-3}$	5		
Correction total	0.14	19		

$P < 0.05$  indicates statistical significance.  $X_1$ : Temperature,  $X_2$ : Time,  $X_3$ : Ultrasonic power and ns: not significant.

الکترونیک در شکل 4 آورده شده است. نمودار نشان می‌دهد که شدت بوی روغن دنبه بوبیری شده با افزایش درجه حرارت به شدت کاهش می‌یابد و نشان دهنده این نکته است که در دمای بالاتر ترکیبات فرار پیشتری از روغن جدا شده‌اند. همچنین میزان شدت بو با افزایش زمان و توان فراصلوت به مقدار کمتری نسبت به درجه حرارت کاهش می‌یابد. در این شکل نیز روند تقریباً مشابهی با روش ارزیابی حسی مشاهده شود و با افزایش همزمان دو پارامتر زمان و دمای بوبیری، شدت بو کاهش مشهودی دارد.

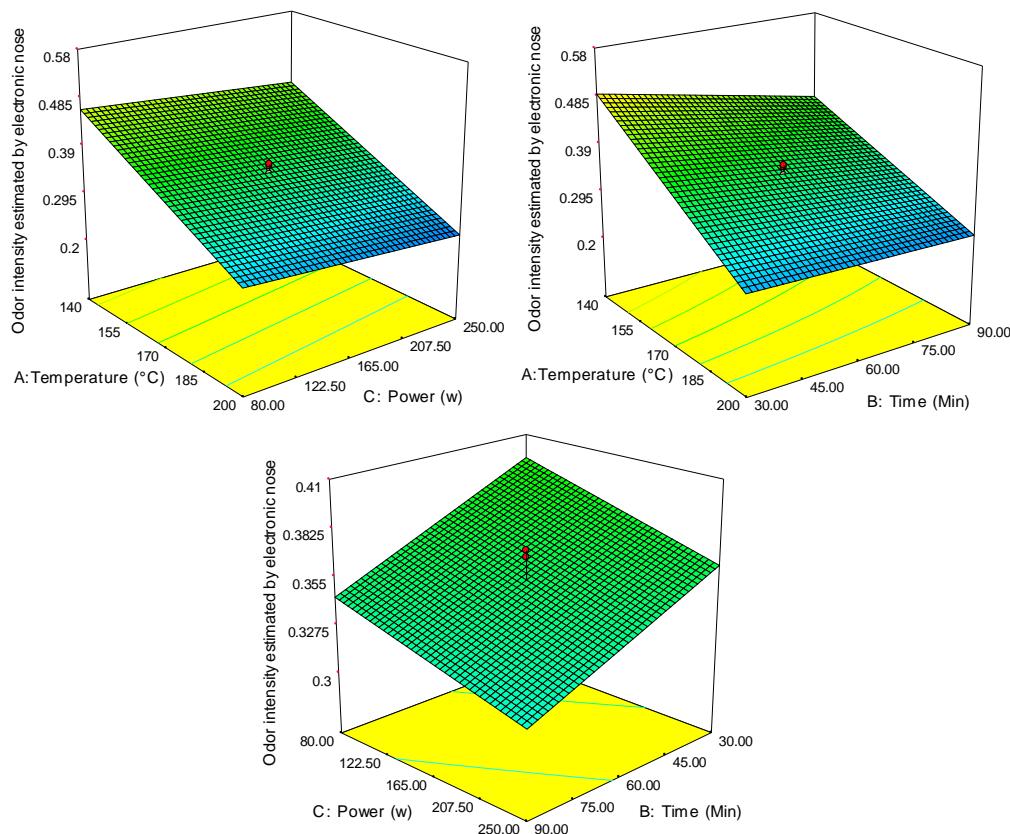
پاسخ شدت بو بر اساس پارامترهای معنی‌دار در بوبیری روغن با روش سطح پاسخ مدل شد که مدل بدست آمده براساس معادله چند جمله‌ای به صورت زیر می‌باشد:

رابطه 3

$$OD2 = 1.18171 - 4.38882 \times 10^{-3} X_1 - 4.54511 \times 10^{-3} X_2 - 1.90076 \times 10^{-4} X_3 + 2.18004 \times 10^{-5} X_1 X_2$$

که در این رابطه OD2 نشان دهنده شدت بوی روغن در روش بینی الکترونیک می‌باشد. ضریب همبستگی برای شدت بوی روغن دنبه توسط بینی الکترونیکی 0/9372 بدست آمد.

نمودار سطح پاسخ سه بعدی شدت بو به روش بینی



**Fig 4** The effects of different parameters on sheep tail fat odor intensity estimated by electronic nose after deodorization (A: Temperature, B: Time, and C: Ultrasonic power)

100°C برای تبخیر ترکیبات فرار کافی نبوده اما افزایش درجه حرارت بالاتر از 150°C (150، 150، 200 و 250°C) به میزان قابل توجهی خروج ترکیبات فرار از روغن را افزایش داد [25]. چو و همکاران (2017) در تصفیه و بوبیری روغن دانه کتان پارامترهای بهینه دمای 220°C و زمان 1/5 ساعت را بدست آورده‌اند [21]. در یک پژوهش از امواج فراصلوت در دمای بالا برای استخراج کافئین و ترکیبات عامل عطر و طعم از قهوه

ریادی و همکاران (2016) روغن پالم را بوبیری نمودند و گزارش کردند افزایش دما می‌تواند شدت بو را کاهش دهد. بوی روغن در دمای 150°C به مدت 2 ساعت به میزان قابل توجهی کاهش یافت [20]. مطالعات انجام شده روی بوبیری روغن دمای 200 تا 250°C و زمان 1 تا 2 ساعت در شرایط خلا را برای بوبیری پیشنهاد نمودند [21-24]. وی و همکاران (2015) گزارش دادند که بوبیری روغن بذر چای در دمای

زمان و توان فراصوت، و همچنین شدت بوی پیش‌بینی شده توسط مدل در حالت بهینه را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد بین مقادیر تجربی و پیش‌بینی شده برای پاسخ‌ها اختلاف معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) وجود ندارد که نشان می‌دهد مدل‌ها برای پیش‌بینی پاسخ‌ها مناسب می‌باشند. با استفاده از دو معیار ارزیابی ضریب همبستگی و میانگین مربعات خطأ، داده‌های پیش‌بینی شده با داده‌های آزمایشی مقایسه شدند که نتایج در جدول ۴ آورده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود این مدل‌ها با ضرایب همبستگی بالا (بیش از ۰/۹۰) و میانگین مربعات خطأ پایین (کمتر از ۰/۰۷) قادر به پیش‌بینی روند تغییرات پاسخ‌ها بودند. بنابراین، می‌توان با اطمینان بالا از این مدل‌ها برای بهینه‌سازی و کنترل فرایند بوبیری استفاده نمود که این امر می‌تواند به صرفه‌جویی در انرژی و زمان منجر شود.

با در نظر گرفتن هر دو روش حسی و ماشین بوبیری می‌توان به این نتیجه رسید که هر دو روش، کاهش بوی روغن دنبه را طی مراحل بوبیری نشان می‌دهند و سامانه ماشین بوبیری عنوان یک روش غیر مخرب برای پایش و کنترل فرایند بوبیری روغن‌های حیوانی قابل استفاده می‌باشد. همچنین مقایسه نتایج دو روش ارزیابی موید این مطلب است که ارزیاب‌های حسی به خوبی آموزش دیده بودند و توانایی تشخیص بوی روغن دنبه را داشتند.

استفاده شد. نتایج نشان داد در دمای بالا و به کمک امواج فراصوت خروج ترکیبات عطر و طعمی قهوه به سرعت انجام می‌شود [26]. این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر که نشان می‌دهد افزایش دما و زمان در حضور امواج فراصوت باعث کاهش شدت بوی روغن می‌شود همخوانی دارند. همان‌طور که مشاهده می‌شود امواج فراصوت خروج ترکیبات عامل بو را از روغن تسريع می‌کنند که این پدیده می‌تواند به دلیل ایجاد کاویتاسیون در حضور امواج فراصوت باشد. وقتی که حباب‌های گاز نیتروژن در اثر انقباض و انساطها رشد کرده و در نهایت در مرز بین دو فاز روغن و گاز نیتروژن متلاشی شوند، انفجار حباب‌ها باعث ایجاد اغتشاشات شدید و تلاطم‌های گرداب گونه و همین‌طور ایجاد حباب‌های کوچک‌تر می‌شود. تبدیل حباب‌های بزرگ به حباب‌های مرزی بین روغن و گاز نیتروژن زیاد کرده و سرعت انتقال جرم در سیستم را افزایش می‌دهند و در نتیجه جداسازی ترکیبات فرار از روغن بهتر صورت می‌گیرد [27].

برای تعیین نقاط بهینه متغیرهای مستقل در بوبیری روغن دنبه، از روش سطح پاسخ استفاده شد. پارامترهای بهینه در این مطالعه دمای  $162^{\circ}\text{C}$ ، زمان ۱۱۰ دقیقه و توان اولتراسونیک  $165\text{ W}$  بدست آمد که بر اساس این مقادیر بهینه، پاسخ‌های شدت بو محاسبه شدند. جدول ۴ نتایج آزمایش شدت بوی روغن بوبیری نشده و روغن بوبیری شده در شرایط بهینه دما،

**Table 4** Odor intensity of crude oil and experimental and predicted values of the responses in sheep tail fat after deodorization under optimized conditions

Responses	Crude oil	deodorized under optimized conditions		RMSE	$R^2$
		Experimental	Predicted		
OD1	3.80	6.92±0.35	6.59	0.0649	0.9770
OD2	0.584	0.312±0.016	0.326	0.0146	0.9372

OD1: Score of odor estimated by sensorial evaluation, OD2: Odor intensity estimated by electronic nose.

اشیاع (بالعیتیک، استئاریک، مارگاریک و میریستیک) و مابقی (53/28%) را اسیدهای چرب غیراشیاع تشکیل داده که عمده‌ترین آن‌ها اسید اولئیک (39/67%) است. این روغن به علت دارا بودن مقدار بالای اسید اولئیک نسبت به سایر روغن‌ها از نظر ارزش غذایی و پایداری از پتانسیل مناسبی برای پخت و پز برخودار می‌باشد. غالب بودن اسید اولئیک  $\text{C}18:1\text{ n9}$  در ترکیب اسیدهای چرب روغن دنبه قبل و گزارش شده است. ترکیب اسیدهای چرب و خصوصیات

## 2-3- بررسی اسیدهای چرب روغن دنبه قبل و بعد از بوبیری

اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب روغن دنبه با دستگاه کروماتوگرافی گازی انجام شد. مقایسه درصد اسیدهای چرب روغن دنبه قبل و بعد از بوبیری روغن (در نقطه بهینه) در جدول ۵ آورده شده است. در مجموع می‌توان گفت که حدود 46/72% از اسیدهای چرب روغن دنبه را اسیدهای چرب

دادند قسمت اعظم اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن دنبه را اسید اولئیک تشکیل می‌دهد و پس از آن اسید پالمیک و اسید استاراریک در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند [2، 13 و 28-30].

فیزیکی و شیمیابی دنبه نژادهای مختلف گوسفندان ایرانی توسط محققینی چون خورگامی و همکاران (1372)، امام جمعه و همکاران (1374) علی پناه (1374) و قراچورلو (1385) مورد بررسی قرار گرفته است. این محققان گزارش

**Table 5** Fatty acid composition of sheep tail fat before and after deodorization in optimal condition

	Fatty acids (%)												
	C <sub>14:0</sub>	C <sub>14:1</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>17:0</sub>	C <sub>17:1</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1 T</sub>	C <sub>18:1 n9</sub>	C <sub>18:1 n11</sub>	C <sub>18:2 T</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>
Before deodorization	5.23 <sup>a</sup>	1.74 <sup>a</sup>	25.87 <sup>a</sup>	33.7 <sup>a</sup>	25.5 <sup>a</sup>	1.78 <sup>a</sup>	13.07 <sup>a</sup>	1.44 <sup>a</sup>	39.67 <sup>a</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.37 <sup>a</sup>	3.31 <sup>a</sup>	1.17 <sup>a</sup>
Optimal condition	5.26 <sup>a</sup>	1.85 <sup>a</sup>	26.36 <sup>a</sup>	32.9 <sup>a</sup>	27.1 <sup>a</sup>	1.75 <sup>a</sup>	13.63 <sup>b</sup>	1.88 <sup>a</sup>	38.24 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>	3.58 <sup>a</sup>	0.71 <sup>b</sup>

Values in the same column followed by the same letters are not significantly different ( $P<0.05$ ).

0/71 به 1/17 گرم در 100 گرم روغن رسیده است. با توجه به پایداری حرارتی کم اسید چرب لینولنیک احتمالاً بخشی از آن به ایزومر ترانس تبدیل شده است. همچنین مقداری از این اسید چرب در دمای بالای مورد استفاده در فرایند بوبری اکسید و به محصولات اولیه و ثانویه حاصل از اکسیداسیون تبدیل شده که عمدۀ این ترکیبات با توجه به فواریت آن‌ها در فرایند بوبری از روغن جدا می‌شوند [32-31].

یکسان بودن ترکیب اسیدهای چرب و تفاوت بسیار کم آن‌ها قبل و بعد از بوبری با کمک امواج فراصوت تاکید بر این مطلب دارد که امواج فراصوت اثر تخریبی و اکسایشی بر روغن ندارند. این نتایج یافته‌های دیگر محققان که گزارش مشابهی از تخریبی نبودن امواج فراصوت بر روغن دارند را تایید می‌کند [33-34]. چمات و همکاران (2004) تأثیر امواج فراصوت را بر ساختار اسیدهای چرب روغن‌های گیاهی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که ترکیب اسید چرب روغن‌های گیاهی در مقابل امواج فراصوت تغییری نمی‌کند [35]. فشنی و همکاران (1393) به بررسی استفاده از امواج فراصوت در فرایند صمغ‌گیری روغن‌های سویا و آلتاگردن به منظور کاهش دما و زمان فرایند و مقایسه این تکنیک با روش متداول صمغ‌گیری پرداختند و نشان دادند امواج فراصوت در ترکیب اسیدهای چرب تغییر چندانی ایجاد نمی‌کند. این امواج در دما و زمان پایین‌تری نسبت به روش متداول، قادر به جداسازی فسفر از روغن خام بوده و به عنوان روشی جایگزین برای روش متداول صمغ‌گیری در مجاورت آب، اثر مخربی روی ترکیب اسیدهای چرب روغن ندارند [36]. عباسی و

همانطور که در جدول 5 مشاهده می‌شود میزان اسید اولئیک در روغن دنبه از دیگر اسیدهای چرب بیشتر است و همین مقدار قابل توجه اسید اولئیک سبب می‌شود که استفاده از روغن دنبه بیشتر مورد توجه قرار گیرد. بعد از اسید اولئیک، اسید پالمیک (25/87%) دومین اسید چرب است که به میزان قابل توجهی در روغن دنبه وجود دارد. دیگر اسیدهای چرب روغن دنبه اسید لینولنیک 1/17، اسید لینولنیک 3/31، اسید واکسینیک 0/43، اسید استاراریک 13/07، اسید هپتاکانوئیک 1/78، اسید پالمیتوئیک 3/37، اسید مارگاریک 2/55، اسید مریستولنیک 1/74، اسید مریستیک 5/23، اسید ترانس لینولنیک 0/37 و اسید ترانس الائیدیک 1/44 گرم در 100 گرم روغن می‌باشد.

مقایسه پروفایل اسیدهای چرب روغن دنبه قبل و بعد از بوبری با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در میزان اسیدهای چرب روغن بوبری شده در مقایسه با چربی اولیه مشاهده نمی‌شود. آنچه که از جدول 5 مشهود است یکسان بودن ترکیب و نوع اسیدهای چرب قبل و بعد از بوبری و تغییر جزئی مقدار اسیدهای چرب در طول بوبری می‌باشد. این بدین معنی است که ترکیب اسیدهای چرب روغن تحت تأثیر امواج فراصوت قرار نمی‌گیرد. همچنین عدم تغییر درصد اسیدهای چرب را می‌توان به پایین بودن میزان اکسایش، تخریب تری گلیسریدها با هر واکنش شیمیابی که به تغییر ساختار اسیدهای چرب روغن مرتبط باشد نسبت داد. طبق نتایج ارائه شده در جدول 5 مقدار اسید چرب لینولنیک به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده و از

## ۵- منابع

- [1] Bashiri, P., & Fateme. H. 2004. Fractionation of beef tallow for proper food application. Iranian Journal of Food Science and Technology: 11-19. [In Persian].
- [2] Imam Jomeh, N., Ali Panah, M., & Eqbaleh, A. 1995. Evaluation of fatty acids in sheep tail fat, visceral fat and meat of Iranian three-lambred sheep. Proceedings of the First Iranian Sheep and Goat Research Conference. Iran National Animal Science Research Center. Tehran. Iran: 223-230. [In Persian].
- [3] Belitz, H.D., & Grosch, W. 1999. Edible fats and oils. Food Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg. 602-630.
- [4] MacKenzie, A.D., & Stevenson, D.E. 2000. Production of high-oleic acid tallow fractions using lipase-catalyzed directed interesterification, using both batch and continuous processing. Enzyme and Microbial Technology 27: 302-311.
- [5] Akterian, S. 2009. Modelling and evaluating the batch deodorization of sunflower oil. Journal of Food Engineering 91: 29-33.
- [6] Ruiz-Méndez, M.V. 2011. Contribution of denaturing and deodorization processes of oils to toxic oil syndrome. Chemicobiological Interactions 192: 142-144.
- [7] de Oliveira, D.A., Minozzo, M.G., Licidiedoff, S., & Waszcynskyj, N. 2016. Physicochemical and sensory characterization of refined and deodorized tuna (*Thunnus albacares*) by-product oil obtained by enzymatic hydrolysis. Food Chemistry 207: 187-194.
- [8] Ahmadzadeh, S., & Goli, A.H. 2010. Evaluation of new methods to deodorize crude fish oil. 3rd International Seminar on Oil Seeds and Edible Oils. Tehran. [In Persian].
- [9] Oliveros, M.C.C., Pavón, J.L.P., Pinto, C.G.A., Laespada, M.E.F., Cordero, B.M., & Forina, M. 2002. Electronic nose based on metal oxide semiconductor sensors as a fast alternative for the detection of adulteration of virgin olive oils. Analytica Chimica Acta 459: 219-228.
- [10] Yang, W., Yu, J., Pei, F., Mariga, A.M., Ma, N., Fang, Y., & Hu, Q. 2016. Effect of hot air drying on volatile compounds of *Flammulina velutipes* detected by HS-

همکاران (1393) در رنگبری روغن سویا با امواج فراصوت تایید کردند به کارگیری این امواج در فرایند رنگبری روغن، میزان رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتینوئید را در حد مطلوبی کاهش داده است و می‌تواند یک جایگزین بالقوه برای روش‌های معمول رنگبری باشد. در این پژوهش گزارش شد استفاده از امواج فراصوت روی ترکیب اسیدهای چرب روغن تأثیری نداشته و به عنوان روشی سالم و ایمن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد [37]. با توجه به اینکه ساختار شیمیایی و نسبت اسیدهای چرب نقش اساسی در خصوصیات شیمیایی روغن دارد و حتی حالت فیزیکی روغن نیز تحت تاثیر این امر قرار می‌گیرد، می‌توان ثبات در ترکیب اسیدهای چرب را دلیلی بر مناسب و مفید بودن تیمار فراصوت در فرایند بوبری روغن دانست.

## ۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، اثرات دما، زمان و توان فراصوت بر شدت بوی روغن دنبه گوسفند در مرحله بوبری بررسی و شرایط بهینه پارامترهای مورد نظر با استفاده از روش آماری سطح پاسخ تعیین شد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که مدل‌های رگرسیونی از نظر آماری در سطح معنی‌داری  $(P < 0/01)$  برای پاسخ شدت بو (به روش حسی و بینی الکترونیک) مناسب بودند. نتایج ارزیابی حسی بیانگر آن بود که به کارگیری امواج فراصوت تأثیر کمتری در مقایسه با دو پارامتر دیگر بر شدت بوی روغن دنبه دارد. همچنین نتایج آنالیز واریانس روش ماشین بیویابی نشان داد که امواج فراصوت اثر معنی‌داری بر شدت بوی روغن دارد. شرایط بهینه در این تحقیق برای بوبری روغن دنبه، دمای 162 درجه سلسیوس، زمان 110 دقیقه و توان فراصوت 165 وات به دست آمد. مدل‌های معرفی شده در این مطالعه برای بهبود فرآیند بوبری روغن دنبه گوسفند و تهیه محصولی با خصوصیات غذایی و کافی مناسب جهت استفاده در صنایع غذایی مفید است. بر اساس نتایج آزمون دانکن اختلاف معناداری بین ترکیب اسیدهای چرب نمونه کنترل و نمونه بوبری شده وجود ندارد. بنابراین امواج فراصوت تأثیری بر ترکیب شیمیایی نمونه نداشته است و به عنوان روشی سالم و ایمن در بوبری روغن می‌تواند استفاده شود.

- [21] Chew, S.C., Tan, C.P., & Nyam, K.L. 2017. Application of response surface methodology for optimizing the deodorization parameters in chemical refining of kenaf seed oil. *Separation and Purification Technology* 184: 144-151.
- [22] Karabulut, I., Topcu, A., Yorulmaz, A., Tekin, A., & Ozay, D.S. 2005. Effects of the industrial refining process on some properties of hazelnut oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 107: 476-480.
- [23] Ortega-García, J., Gámez-Meza, N., Noriega-Rodriguez, J.A., Dennis-Quiñonez, O., García-Galindo, H.S., Angulo-Guerrero, J.O., & Medina-Juárez, L.A. 2006. Refining of high oleic safflower oil: effect on the sterols and tocopherols content. *European Food Research and Technology* 223: 775-779.
- [24] Widarta, I.W.R., Andarwulan, N., & Haryati, T. 2012. Optimasi proses deasidifikasi dalam pemurnian minyak sawit merah skala pilot plant [Optimization of Deacidification Process in Red Palm Oil Purification on Pilot Plant Scale]. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 23 (1): 41-47.
- [25] Wei, J., Chen, L., Qiu, X., Hu, W., Sun, H., Chen, X., Bai, Y., Gu, X., Wang, C., Chen, H., & Hu, R. 2015. Optimizing refining temperatures to reduce the loss of essential fatty acids and bioactive compounds in tea seed oil. *Food and Bioproducts Processing* 94: 136-146.
- [26] Wang, C.C., Chou, Y.Y., Sheu, S.R., Jang, M.J., & Chen, T.H. 2011. Application of ultrasound thermal process on extracting flavor and caffeine of coffee. *Thermal Science* 15 (1): 69-74.
- [27] Shotipruk, A., Kaufman, P.B., & Wang, H.Y. 2001. Feasibility study of repeated harvesting of menthol from biologically viable *mentha piperita* using ultrasonic extraction. *Biotechnology Progress* 17 (5): 924-928.
- [28] Khorgami, M.H., Ganjali, M.R., & akhgar, M.R. 1993. Investigation of physical and chemical properties of tail fat oil and its esterified root exchange. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering* 2: 66-72. [In Persian].
- [29] Aliepanah, M. 1995. Evaluation of fat characteristics of Baluchi, Kurdish, and Badghis sheep. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University. [In SPME-GC-MS and electronic nose. *Food Chemistry* 196: 860-866.
- [11] Wei, Z., Wang, J., & Zhang, W. 2015. Detecting internal quality of peanuts during storage using electronic nose responses combined with physicochemical methods. *Food Chemistry* 177: 89-96.
- [12] Zakeri, T. 2013. Designing of pomegranate seed oil deodorization process. M.Sc. thesis. Department of Food Science and Engineering. University of Tehran. [In Persian].
- [13] Hedayatifar, R. 2017. Evaluation the rate of trans fatty acids isomers in ghee and tail sheep consumption in Lorestan. *Lorestan University of Medical Sciences Journal* 19 (2): 1-8. [In Persian].
- [14] Yilmaz, M., & Karakaya, M. 2010. Thermal analysis of lipids isolated from various tissues of sheep fats. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 101: 403-409.
- [15] Jahouach-Rabai, W., Trabelsi, M., Van Hoed, V., Adams, A., Verhé, R., De Kimpe, N., & Frikha, M. 2008. Influence of bleaching by ultrasound on fatty acids and minor compounds of olive oil. Qualitative and quantitative analysis of volatile compounds (by SPME coupled to GC/MS). *Ultrasonics Sonochemistry* 15: 590-597.
- [16] Keramat-Jahromi, M., Mohtesabi, S.A.Q., Musa Zadeh, H., Ghasemi Varnomekhati, M., Rafiei, S., & Sondi Roman, A. 2019. Evaluation of a machine olfaction to classify the quality of dried date fruit by electrohydrodynamic, hot air, and the hybrid drying techniques. *Iranian Biosystems Engineering* 50 (1): 241-251. [In Persian].
- [17] Pearce, T.C., Schiffman, S.S., Nagle, H.T., & Gardner, J.W. 2003. *Handbook of Machine Olfaction*. Willy-VCH. Weinheim.
- [18] Scott, S.M., James, D., & Ali, Z. 2006. Data analysis for electronic nose systems. *Microchimica Acta* 156: 183-207.
- [19] Iranian National Standardization Organization, Animal and vegetable fats and oils analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids (No. 4091). 1997. [In Persian].
- [20] Riyadi, A.H., Muchtadi, T.R., Andarwulan, N., & Haryati, T. 2016. Pilot Plant Study of Red Palm Oil Deodorization Using Moderate Temperature. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 9: 209-216.

- High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. *Food Research International* 37: 731-738.
- [34] Zhang, Z.S., Wang, L.J., Li, D., Jiao, S.S., Chen, X.D., & Mao, Z.H. 2008. Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed. *Separation and Purification Technology* 62: 192-198.
- [35] Chemat, S., Lagha, A., Amar, H.A., & Chemat, F. 2004. Ultrasound assisted microwave digestion. *Ultrasonics Sonochemistry* 11: 5-8.
- [36] Fashandi, H., Ghavami, M., Gharachorloo M., & Abbasi, R. 2016. Application of ultrasound in degumming of soybean and sunflower oils. *Journal of Food Industry Research* 26 (1): 13-21. [In Persian].
- [37] Abbasi, R., Gharachorloo, M., Ghavami, M., & Asadi, G.H. 2014. Application of ultrasonic waves in bleaching of soybean oil and determination of time and temperature for ultrasonic bath. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology* 9 (2): 75-84. [In Persian].
- Persian].
- [30] Gharachorloo, M. 2006. Evaluation of fractionation quality and improvement of animal fat quality properties for production of oils with suitable applied properties in food industry. Ph.D. thesis. Department of Food Science and Technology. Islamic Azad University-Science and Research Branch. [In Persian].
- [31] Hénon, G., Kemény, Z., Recseg, K., Zwobada, F., & Kovari, K. 1999. Deodorization of vegetable oils. Part I: Modelling the geometrical isomerization of polyunsaturated fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 76 (1): 73-81.
- [32] Guillen, M.D., & Goicoechea, E. 2009. Oxidation of corn oil at room temperature: Primary and secondary oxidation products and determination of their concentration in the oil liquid matrix from  $^1\text{H}$  nuclear magnetic resonance data. *Food Chemistry* 116 (1): 183-192.
- [33] Li, H., Pordesimo, L., & Weiss, J. 2004.

## **Ultrasound-assisted deodorization of sheep tail fat and evaluation of odor intensity using electronic nose and sensorial analysis**

**Doosti, A.<sup>1</sup>, Jafarinaimi, K.<sup>2</sup>, Balvardi, M.<sup>3\*</sup>, Mortezapour, H.<sup>2</sup>**

1. Ph.D. student, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

3. Assistant Professor, Department of food science and technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

**(Received: 2019/12/30 Accepted:2020/03/09)**

Sheep tail fat is a suitable frying oil due to its good flavor and oxidation stability. This oil with its useful fatty acids can play beneficial effect on consumer health. The refining processes of sheep tail oil, including its deodorization have high importance in the enhancement of the oil quality. Deodorization is a separation process in which a certain amount of the volatile compounds separator gas passes through the hot oil under vacuum condition and removes the volatile and odorous compounds from the oil. In this study, the ultrasound-assisted deodorization of sheep tail fat was carried out and the effects of temperature, time, and ultrasonic power on odor intensity during the deodorization process were investigated using the response surface methodology. The intensity of the odor was assessed by electronic nose and sensorial evaluation. Also, the fatty acid composition was compared before and after the deodorization process. The results of fatty acids profile showed that about 46.72% of sheep tail oil fatty acids were saturated fatty acids (palmitic, stearic, margaric, and myristic) and the rest (53.28%) was unsaturated fatty acids, which the majority of them was oleic acid (39.67%). According to the results of analysis of variance, the composition and kind of the fatty acids before and after the deodorization were close together and the amount of fatty acids changed slightly during the deodorization. Finally, the optimized conditions at the temperature of 162 °C, the time of 110 min and the ultrasonic power of 165 W were determined using electronic nose and sensory evaluation for ultrasound-assisted deodorization of sheep tail oil.

**Keywords:** Ultrasound, Fatty acids, Deodorization, Volatile compounds, Response surface methodology.

---

\* Corresponding Author E-mail Address: mbalvardi@uk.ac.ir