

Construction of a press machine for extracting sesame oil and evaluating it using artificial intelligence technique

Abbas Akbarnia^{1*}

¹ Associate Professor, Department of Machine design and Mechatronics, Institute of Mechanics, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran, Email: abbasakbarnia@irost.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-09-29
Revised: 2025-03-5
Accepted: 2025-03-15

Keywords:
press machine
sesame oil
screw speed
spiral speed

ABSTRACT

Background and purpose: To optimize the mechanical and thermal properties affecting the quality and quantity of sesame oil, the effects of spiral shaft speed and sesame seed moisture content were investigated at three different levels each. A support vector machine and response surface methodology were used to evaluate and model the results. Sesame contains 44% oil and 30% protein. Various mechanical and chemical technologies, along with different devices, are available for oil extraction. It is recommended to use the mechanical method (press) with pressure on the texture of these seeds, which leads to the oil coming out of their texture. The goal of the extraction process is to produce healthy and pure oil.

Materials and methods: The spiral mechanism of the device is designed to exert maximum pressure on the seeds. To determine the shell thickness, both radial and tangential stresses on the cylinder wall were calculated. The design of the spiral is crucial for oil extraction, feed rate, and internal pressure within the machine. In this research, spiral speeds of 0.4, 0.6, and 0.8 Hz, chamber temperatures of 30°C, 45°C, and 60°C, and seed moisture content of 3.5% and 7% were considered. A neural network was employed for data analysis and modeling.

Findings: The main factors influencing the neural network's behavior include the input parameters and the number of hidden layers. A multi-layer perceptron (MLP) with hidden layers was used in the artificial neural network structure. The maximum accuracy and lowest error in measuring the acidity of sesame oil were 0.9930 and 0.0023, respectively, while the corresponding values for peroxide measurement were 0.9991 and 0.0006. The RMSE values for acidity and peroxide were 0.118 and 0.106, respectively, and the R^2 values were 0.87 and 0.98.

Conclusion: The extruder's effective length was 390 mm, the grain drive was 30 mm, the depth of the spiral tooth was 10 mm, the outer diameter was 80 mm, and the spiral pitch angle was 82.5 degrees. An increase in temperature reduces the moisture content of sesame seeds in the machine, which in turn affects the quality and quantity of the oil to some extent. Increasing the spiral speed raises the pressure and friction within the chamber, which in turn increases the temperature, potentially leading to the combustion of oxygen in the air with the oil. As a result, the levels of peroxide and oil acidity increase. As a result, the levels of peroxide and oil acidity increase.

Cite this article: Akbarnia, A. 2025. Construction of a press machine for extracting sesame oil and evaluating it using artificial intelligence technique. *Food Processing and Preservation Journal*, 17(1), 1-16.



© The Author(s). DOI: [10.22069/fppj.2025.22825.1839](https://doi.org/10.22069/fppj.2025.22825.1839)
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

ساخت دستگاه پرس برای استخراج روغن کنجد و ارزیابی آن با استفاده از تکنیک هوش مصنوعی

عباس اکبرنیا*

^۱ دانشیار، گروه طراحی ماشین و مکترونیک، پژوهشکده مکانیک، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، رایانامه: abbasakbarnia@irost.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: برای بهینه‌سازی خواص مکانیکی و حرارتی موثر بر کیفیت و کمیت روغن کنجد، اثرات سرعت شفت مارپیچی و میزان رطوبت دانه کنجد در سه سطح مختلف مورد بررسی قرار گرفت. برای ارزیابی و مدل‌سازی نتایج از ماشین بردار پشتیبان و روش سطح پاسخ استفاده شد. کنجد حاوی ۴۴ درصد روغن و ۳۰ درصد پروتئین است. فناوری‌های مکانیکی و شیمیایی مختلف به همراه دستگاه‌های متنوعی برای استخراج روغن وجود دارد. استفاده از روش مکانیکی (پرس) با فشار روی بافت این دانه‌ها که منجر به خروج روغن از بافت آنها می‌شود، توصیه شده است. هدف از فرآیند استخراج، تولید روغن سالم و خالص است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۸ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵	مواد و روش‌ها: مکانیزم مارپیچی دستگاه به گونه‌ای طراحی شده است که حداکثر فشار را بر روی دانه‌ها وارد نماید. برای تعیین ضخامت پوسته محفظه پرس، هر دو تنش شعاعی و مماسی روی دیواره سیلندر محاسبه شد. طراحی مارپیچ برای استخراج روغن، نرخ تغذیه و فشار داخلی دستگاه بسیار مهم است. در این تحقیق سرعت‌های مارپیچ ۴، ۶، ۸ و ۱۰ هرتز و دمای محفظه پرس ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه سلسیوس و رطوبت دانه کنجد ۳/۵ و ۷ درصد در نظر گرفته شد. یک شبکه عصبی برای تحلیل و مدل‌سازی داده‌ها استفاده گردید.
واژه‌های کلیدی: دستگاه پرس سرعت پیچ سرعت مارپیچ روغن کنجد	یافته‌ها: عوامل اصلی مؤثر بر رفتار شبکه عصبی شامل پارامترهای ورودی و تعداد لایه‌های پنهان است. یک پرسپترون چند لایه (MLP) با لایه‌های پنهان در ساختار شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. بیشترین دقت و کمترین خطا در اندازه‌گیری اسیدیته روغن کنجد به ترتیب ۹۹۳۰/۰ و ۰/۰۰۲۳ و مقادیر مربوطه برای اندازه‌گیری پراکسید ۹۹۹۱/۰ و ۰/۰۰۰۶ بود. مقادیر RMSE برای اسیدیته و پراکسید به ترتیب ۱۱۸/۰ و ۱۰۶/۰ و مقادیر R2 برابر با ۸۷/۰ و ۹۸/۰ به دست آمد.
	نتیجه‌گیری: طول مؤثر اکسترودر ۳۹۰ میلی‌متر، درایو دانه ۳۰ میلی‌متر، عمق دندان مارپیچ ۱۰ میلی‌متر، قطر بیرونی ۸۰ میلی‌متر و زاویه گام مارپیچ ۵/۸۲ درجه بود. افزایش دما باعث کاهش رطوبت دانه‌های کنجد در دستگاه می‌شود که به نوبه خود تا حدی بر کیفیت و کمیت روغن تأثیر می‌گذارد. افزایش سرعت مارپیچ، فشار و اصطکاک درون محفظه را افزایش می‌دهد که به

نوبه خود دما را افزایش می‌دهد و به‌طور بالقوه منجر به احتراق اکسیژن هوا با روغن می‌شود، در نتیجه سطح پراکسید و اسیدیته روغن افزایش می‌یابد.

استناد: اکبرنیا، عباس. (۱۴۰۳). ساخت دستگاه پرس برای استخراج روغن کنجد و ارزیابی آن با استفاده از تکنیک هوش مصنوعی. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۷ (۱)، ۱-۱۶.



© نویسندگان.

DOI: [10.22069/fppj.2025.22825.1839](https://doi.org/10.22069/fppj.2025.22825.1839)

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

دانه کنجد یکی از متداول‌ترین و قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی است که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری رشد می‌کند [۱۰]. از این دانه برای تولید روغن‌های خوراکی، ادویه‌ها، داروها، سوپ‌ها و لوازم آرایشی استفاده می‌شود [۱۵]. هند، چین و سودان تولیدکنندگان اصلی دانه کنجد هستند و بیش از ۶۰ درصد تولید جهانی این محصول استراتژیک را به خود اختصاص داده‌اند. پروتئین کنجد حاوی گلوبولین (۶۷،۳٪)، گلوپتین (۷٪) و پرولامین (۱،۴٪) است [۱۶]. بر اساس گزارش فائو، در سال ۲۰۲۰، تولید دانه کنجد ۶۷۴۱۴۷۹ تن بوده که ۵۹/۴۲ درصد آن در آفریقا و ۳۷/۵۲ درصد در آسیا تولید شده است. این دانه منبع غنی روغن (۴۴٪) و پروتئین (۲۰-۳۳٪) است. بنابراین بیشترین استفاده از این دانه به‌منظور استخراج و تولید روغن موجود در آن است [۱۴]. پروتئین موجود در آن دارای شاخص غنی از اسیدهای آمینه و مانند پروتئین سویا دارای ارزش غذایی بسیار بالایی است. روغن کنجد به‌عنوان یک روغن قیمتی و باکیفیت شناخته می‌شود [۴]، این روغن دارای مقاومت طولانی و ماندگاری بالا در بین روغن‌های خوراکی غیراشباع است. آنتی اکسیدان‌های طبیعی موجود در این روغن دارای مقاومت بالایی در برابر اکسیداسیون بوده که از خواص فیزیولوژیکی ارزشمند روغن کنجد است [۱۲].

فناوری‌های مختلفی و دستگاه‌های متنوعی برای استخراج روغن کنجد وجود دارد [۲۰]. تنوع در فناوری استخراج روغن اغلب به دلیل تنوع منابع تأمین آن چه گیاهی و یا حیوانی است [۵]. در تمام فرآیندهای استخراج، هدف نهایی تولید روغن‌های سالم، خالص با بازده زیاد است به‌گونه‌ای که کنجاله باقیمانده محصولی کم‌چرب و با ارزش باشد [۱۱]. روش‌های مکانیکی و شیمیایی مختلفی برای استخراج

روغن از دانه‌های روغنی وجود دارد اما مناسب‌ترین روش، به حداقل رساندن آسیب به ترکیب روغنی دانه است. در این راستا استفاده از روش مکانیکی (پرس) با فشار روی بافت این دانه‌ها که منجر به خروج روغن از بافت آن‌ها می‌شود، توصیه شده است. این روش‌ها عبارتند از استخراج مکانیکی، دوپینگ با حلال [۲]، استخراج با حلال توسط سوکسله [۱۳]، استخراج با ابررسانا، استخراج با مایکروویو [۸]، استخراج توسط سیال فوق بحرانی [۹]. عوامل زیادی در استخراج روغن کنجد مهم هستند و امروزه محققان سعی در تغییر این عوامل برای به دست آوردن روغن با کیفیت بهتر دارند. داکر و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر پارامترهای عملیاتی مانند فشار، دما و سرعت جریان CO₂ فوق بحرانی و اندازه ذرات بر عملکرد روغن کنجد استخراجی را بررسی کردند [۶]. در این تحقیق حداکثر بازده استخراج به‌دست‌آمده حدود ۸۵ درصد نسبت به استخراج سوکسله با هگزان بود. در سال ۲۰۱۱، پرادهان و همکاران یک دستگاه روغن‌گیری پیوسته مخروطی را برای دانه کنجد بررسی کردند. آن‌ها گزارش دادند که به همان اندازه که منطقه خروجی عبور دانه تنگ‌تر بود، روغن بیشتری استخراج می‌شد. به عبارت دیگر، درصد روغن در وعده تغذیه دانه کاهش می‌یابد اما راندمان دستگاه افزایش می‌یابد [۱۸]. همچنین بیرنز (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای بر روی دو دستگاه پرس پیوسته دریافت که افزایش سرعت چرخش مارپیچ باعث کاهش بازده روغن می‌شود، درحالی‌که شیب نرخ تغذیه با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد. همچنین افزایش سرعت مارپیچ باعث کاهش فشار و افزایش دمای نسبی سیلندر می‌شود [۱]. رشما و همکاران (۲۰۱۰) تحقیقی در مورد استخراج، جداسازی و خصوصیات روغن کنجد انجام دادند [۱۹]. در این مطالعه آن‌ها جداسازی لیگان‌ها از روغن کنجد را باهدف استفاده به‌عنوان مواد مغذی انجام

در ۱۰ دانه (تصادفی) توسط کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری شد. به طور کلی معیاری که برای توصیف شکل میوه استفاده می شود، ضریب کروی است که از رابطه (۲ و ۳) قابل محاسبه می باشد.

$$D_g = (abc)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{رابطه ۲})$$

D_g : قطر متوسط هندسی نمونه، a : طول نمونه، b :

عرض نمونه، c : ضخامت نمونه

$$\phi = \frac{D_g}{a} \times 100 \quad (\text{رابطه ۳})$$

که ϕ : ضریب کروی کنجد

به همین ترتیب فاکتورهای مکانیکی که در طراحی دستگاه مورد نیاز بود با آزمایش ها لازم به دست آمد. برای این منظور نیروی گسیختگی، انرژی گسیختگی، تغییر شکل در لحظه گسیختگی، صلیبت و مدول الاستیسیته توسط دستگاه (HOLINSFIELD H5KS) تعیین شد.

نرخ تغذیه دستگاه: مهم ترین قسمت دستگاه، ماریچ است. ماریچ در واقع باعث تأثیر بر روی دانه کنجد، شکستن آن و همچنین جلورانی توده له شده دانه می شود. میزان عملکرد در این مرحله به نوع و اندازه ماریچ و فضای بین هلیس و پوسته بستگی دارد. ماشین باید طوری طراحی شود که دانه ها را له نموده، روغن موجود در دانه را از جرم آن جدا نماید. در صنعت روغن گیری، ماریچ طوری طراحی می شود که با کاهش عمق، حداکثر فشار بر دانه ها وارد آید. از رابطه ۴ می توان برای محاسبه نرخ تغذیه دستگاه استفاده کرد.

$$Q_s = V \cdot \rho \int_{\frac{D_s}{2}}^{\frac{D_b}{2}} (2\pi R - \frac{me}{\sin\theta}) dR \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن؛ Q_s میزان تغذیه (کیلوگرم در روز)، m تعداد پیچ در یک گام (در این دستگاه $m = 1$)، ρ چگالی مواد (kg/m^3)، D_b قطر ماریچ بیرونی (m)، D_s قطر بیرونی محور ماریچ (m)، e ضخامت پیچ اکسترودر و θ زاویه ماریچ در دستگاه استخراج روغن

دادند. روغن کنجد تحت شرایط انتخابی دما (۷۰ درجه سلسیوس)، زمان (۱۰۰ دقیقه) و نسبت حلال - روغن (۱:۱) تحت استخراج متوالی با متانول قرار گرفت. تحت شرایط بهینه، بازده کنسانتره عصاره متانولی و روغن باقیمانده به ترتیب $1 \pm 10/09$ گرم و $1 \pm 89/2$ گرم بود. در تجزیه و تحلیل HPLC، کنسانتره متانول محتوای لیگنان کل $19/0 \pm 9/32$ را نشان داد. همچنین در سال های اخیر برای استخراج روغن کنجد از برخی حلال ها نیز استفاده می شود. این روش توسط اکسترودر و با استفاده از حلال های شیمیایی مانند هگزان، هپتان، دیاتیلات، استون، تری کلرواتیلن، تترا کلراتیلن، اتانول (بیشتر هگزان) انجام می گیرد. مواد جامد در نهایت با یک حلال جدید تصفیه و پس از عبور از چندین مرحله استخراج روغن در دستگاه شستشو می شوند [۳].

مواد و روش ها

در این تحقیق خواص فیزیکی و مکانیکی کنجد ایرانی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه ها از بازار خریداری و سپس جهت بررسی خواص فیزیکی به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شدند تا از یکنواختی رطوبت اطمینان حاصل شود. پس از ۲۴ ساعت، نمونه ها از یخچال خارج و با تعیین میزان رطوبت (معادله ۱)، بر اساس روش استاندارد هوای گرم، میوه با قرار دادن ۳ تکرار ۲۰ گرمی از هر رقم در دمای ۱۰۱ درجه سلسیوس انجام شد.

$$w_w = 100 \left(\frac{m_w - m_d}{m_w} \right) \quad (\text{رابطه ۱})$$

m_w : توده اولیه در شرایط پیش خشک

m_d : جرم یا توده ثانویه محصول خشک شده

خواص فیزیکی و مکانیکی: طول، عرض و ضخامت به ترتیب بزرگ ترین، وسط و کوچک ترین ابعاد بذر کنجد است که در سه محور قرار گرفته اند. این ابعاد

مارپیچ است (معادله ۸).

$$S^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad (\text{رابطه ۸})$$

همچنین حجم جابجایی را می توان با معادله ۹ به دست آورد. جایی که V_a نرخ جریان حجمی داخل مارپیچ (m^3), B کانال مارپیچ (m), H فضای خالی بین دانه له شده و سطح داخل پوسته (m) و S طول مارپیچ (m) است. (شکل ۱)

$$V_a = B.S.H \quad (\text{رابطه ۹})$$

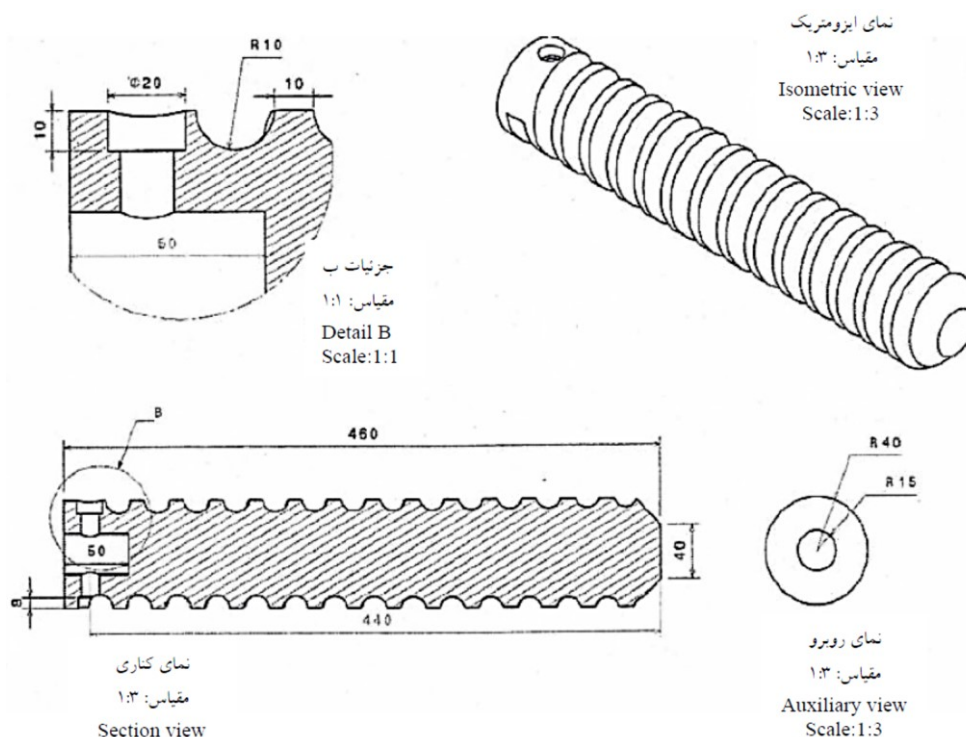
است. بر اساس معادله مارپیچ روی هلیس می توانیم معادلات ۵، ۶ و ۷ را بیان کنیم که x, y, z محورهای مختصات دستگاه هستند. بزرگی زاویه α در اکسترودرها ۱۷ درجه است.

$$x = (r + mL) \cos \theta \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$y = (r + mL) \sin \theta \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$z = (r + mL) \cot \theta \quad (\text{رابطه ۷})$$

طول منحنی مارپیچ با رابطه ای که با x, y, z مشخص می شود، تعریف می گردد که در آن S طول منحنی



شکل ۱- مدل شبیه سازی شده هلیس

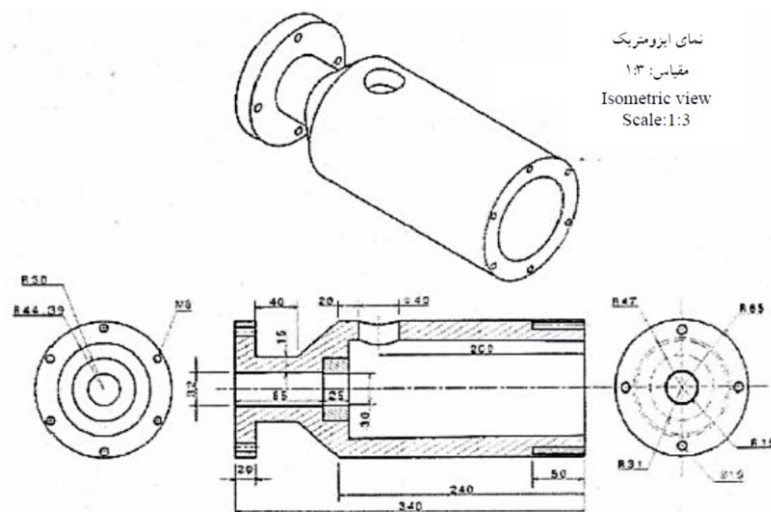
Figure 1- Simulated model of helicase

$$\sigma_r = \frac{r^2 i P i}{r^2 o - r^2 i} \left(1 - \frac{r^2 o}{r^2 i} \right) \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

$$\sigma_t = \frac{r^2 i P i}{r^2 o - r^2 i} \left(1 + \frac{r^2 o}{r^2 i} \right) \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

که P فشار داخل سیلندر، r_i شعاع داخلی و r_o شعاع بیرونی محفظه، σ_r تنش شعاعی وارد به دیواره (MPa) و σ_t مماس بر پوسته محفظه (MPa) است.

محفظة دستگاه: سیلندر دستگاه شامل محفظه اصلی و لوله تغذیه است (شکل ۲) که از یک طرف به گیربکس و از طرف دیگر به خروجی روغن متصل می شود. معادلات ۱۰ و ۱۱ به ترتیب برای محاسبه تنش شعاعی و مماسی روی دیواره سیلندر به منظور تعیین ضخامت پوسته استفاده می گردد.



شکل ۲- مدل شبیه سازی شده محفظه (سیلندر)

Figure 2- Simulated model of compartment

است. با تعیین گشتاور، توان از معادله ۱۳ برای حداکثر سرعت محاسبه می‌شود، در این حالت t گشتاور، n دور در دقیقه و p توان (KW) است.

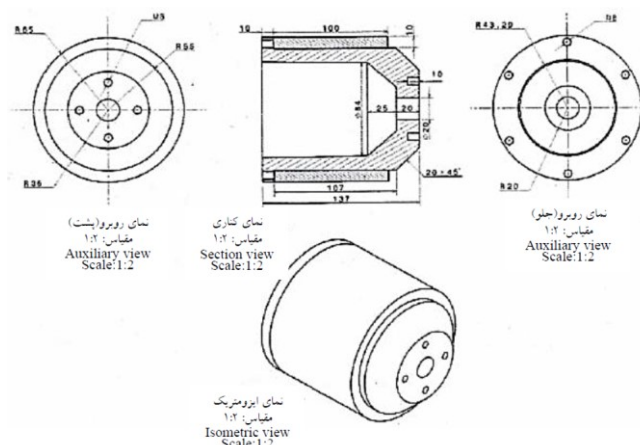
$$T = \frac{G\beta I}{L} \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

$$P = \frac{2\pi nT}{60} \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

سیستم گرمایش: حرارت دادن به دانه‌های روغنی باعث افزایش تراکم‌پذیری و کاهش فشار روغن می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش میزان حرارت، میزان استخراج روغن نیز افزایش می‌یابد. در شکل ۳ عنصر ایجاد گرمایش در سطح بیرونی پوسته مشاهده می‌شود.

برای خروج روغن از محفظه، به سطحی نیاز است که روی آن سوراخ‌های شعاعی وجود داشته باشد. طی فرآیند عمل‌آوری و خرد شدن دانه داخل دستگاه، روغن استحصالی از دانه از طریق این منافذ خارج و به ظرف روغن‌گیری منتقل می‌شود.

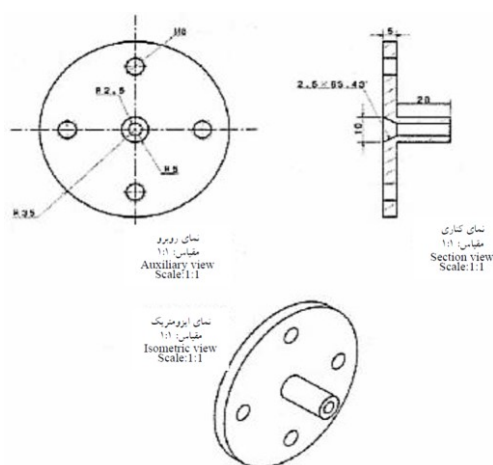
قدرت موتور: حرکت دانه‌های له‌شده و محور مارپیچ با ایجاد ارتباط بین مارپیچ، جعبه‌دنده و موتور اتفاق می‌افتد. گشتاور مورد نیاز که توسط موتور تأمین می‌شود از رابطه ۱۲ به دست می‌آید که در آن G مدول سختی (GN/m^2)، L طول محور، β تغییر شکل زاویه‌ای بر حسب رادیان و J ممان اینرسی قطبی



شکل ۳- مدل شبیه سازی شده سیستم گرمایشی

Figure 3- Simulated model of heating system

شدن دانه‌های له‌شده و خروج روغن در انتهای اکسترودر، می‌توان روغن را به ناحیه بازتری هدایت کرد، در نتیجه مسیر روغن معکوس شده و باعث افزایش میزان استخراج روغن می‌شود. در واقع کاهش قطر باعث افزایش سطح فشار در فضای بین روغن و خمیر له‌شده می‌شود که نتیجه معکوس آن کاهش جریان تغذیه است. قطر خروجی، تعداد منافذ خروجی و خروجی بدنه، مهم‌ترین عوامل در عملکرد دستگاه هستند.

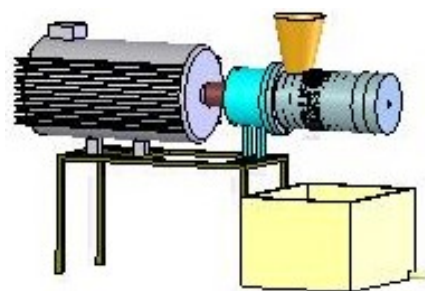


شکل ۴- مدل شبیه‌سازی شده پیشانی سیستم پرس

Figure 4- The simulated model of the forehead of the press system

مکانیکی پیوسته (شکل ۵) که توسط نگارنده طراحی و توسعه داده شد مورد استفاده قرار گرفت. این دستگاه از یک پوسته منفرد و یک مارپیچ دوار تشکیل شده که به یک الکتروموتور دور متغیر قابل تنظیم متصل است.

برای به دست آوردن روغن کنجد خالص باکیفیت و کمیت خوب، آزمایشاتی در سطوح مختلف انجام شد. در این تحقیق، سرعت‌های شفت مارپیچ $0/4$ ، $0/6$ و $0/8$ هرتز، دمای محفظه پرس 30 ، 45 و 60 درجه سلسیوس و میزان رطوبت دانه کنجد $3/5$ و 7 درصد انتخاب شد. در این راستا یک دستگاه پرس



شکل ۵- نمایی از دستگاه پرس با مارپیچ دوار (نمونه ساخته شده)

Figure 5- A view of the rotary screw machine (constructed sample)

(GDM) انجام داد، این روش برای طبقه‌بندی کلاس‌های مختلف روغن استفاده شد [۷].

الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM): روش کرنل یکی از تکنیک‌های رایج برای حل مسائل غیرخطی قابل حل است. این تکنیک بر اساس محصول داخلی داده‌های ورودی و تعریف تابع کرنل مناسب است. ایده تابع کرنل این است که عملیات را در فضای ورودی به جای فضای ویژگی با ابعاد بالقوه بالا انجام دهد. از این رو محصول داخلی نیازی به ارزیابی در فضای ویژگی ندارد. در این مطالعه، تابع چندجمله‌ای برای طبقه‌بندی مجموعه داده‌ها انتخاب شد [۱۷].

روش سطح پاسخ (RSM): در این تحقیق از روش استخراج مدل و یافتن موثرترین روش سطح پاسخ استفاده شده است. در روش سطح پاسخ، از طرح مرکب مرکزی به شکل مرکز مرکز استفاده شد. در حالت مرکزی، حداکثر و حداقل با کد سطح (+۱) و (-۱) تعیین می‌شود که در واقع تنها اطلاعاتی است که طبق مطالعات و ایده‌های پژوهشی باید در اختیار نرم‌افزار آماری قرار گیرد. سطوح هر متغیر به این ترتیب سطح سوم به عنوان صفر یا مرکز (۰) بین حداقل و حداکثر قرار دارد. برای به دست آوردن سطح پاسخ از نرم‌افزار Design Expert 11 استفاده گردید [۲۱].

نتایج و بحث

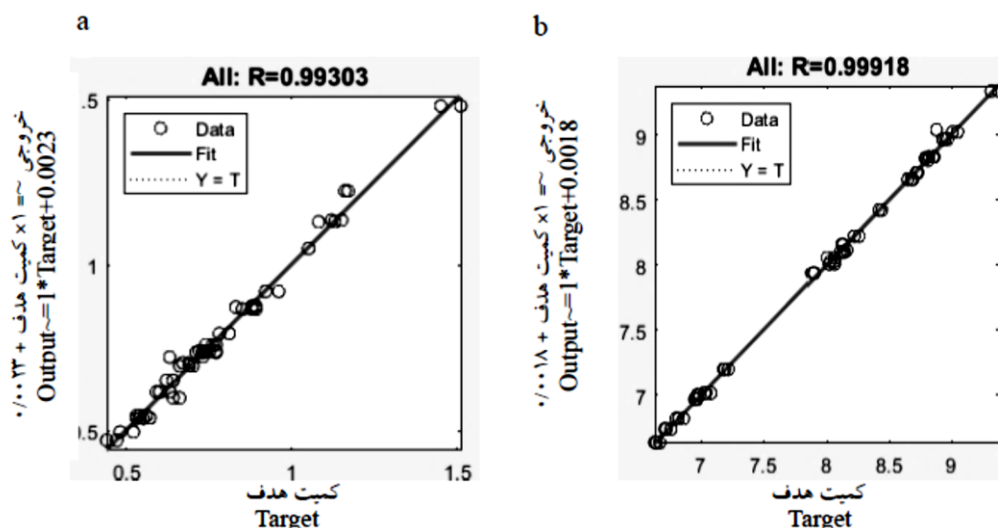
ساختار شبکه عصبی مصنوعی نقش بسیار مهمی در مدل‌سازی دارد. عوامل اصلی بر رفتار شبکه عصبی مصنوعی شامل پارامترهای ورودی، تعداد لایه‌های پنهان است. در این تحقیق از MLP با لایه مخفی در ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. برای به دست آوردن بهترین مدل، یک شبکه عصبی مصنوعی با تعدادی نرون ۱-۲۰ مورد ارزیابی قرار گرفت. بهترین مدل با توپولوژی ۲-۱۴-۳ برای پارامتر اسیدیت و ۲-۱۸-۳ برای ذرات پراکسید روغن دانه

دانه کنجد وارد شده به دستگاه با برخورد به مارپیچ و دیواره پوسته خردشده و با ادامه حرکت و پیشروی دانه‌ها، در انتهای محفظه و در محل پیشانی فشرده و پرس می‌شوند. همزمان با پرس دانه خردشده، روغن موجود در بافت سلولی دانه‌ها از فضای فی مابین پوسته و دانه‌های خردشده به سمت منافذ خروج روغن هدایت می‌شود. سرعت چرخش مارپیچ توسط گیربکس دور متغیر قابل تنظیم است. برای گرم کردن دیوار بخش پرس از یک عنصر گرم‌کننده استفاده می‌شود که داخل یک پوسته قرار گرفته و روی پوسته پرس و قبل از پیشانی نصب می‌گردد. در نهایت روغن خروجی از دستگاه در ظروف مخصوص تخلیه و برای آزمایش به آزمایشگاه منتقل شد. میزان اسیدیت و پراکسید روغن استخراج شده از دستگاه پرس را می‌توان مبنایی برای تعیین کیفیت و عملکرد دستگاه در نظر گرفت. یعنی مقدار کم پارامترهای ذکر شده در روغن کنجد نشان از عملکرد خوب دستگاه به لحاظ کمی و کیفی است و بالعکس. در نهایت ۵ گرم نمونه روغن، ۳۰ میلی‌گرم محلول اسید استیک-کلروفرم با دید پتاسیم اشباع شد و مقدار پراکسید سدیم با استفاده از هیوسولفیت سدیم تعیین گردید. اسیدیت و روغن کنجد نیز با روش *tantalization* گزارش شد.

شبکه عصبی مصنوعی (ANN): شبکه عصبی مصنوعی یکی از زیرمجموعه‌های علم هوش مصنوعی است که به‌طور گسترده در تحلیل و مدل‌سازی داده‌ها استفاده می‌شود. انواع مختلفی از ANN ها توسعه یافته‌اند. الگوریتم چندلایه پرسپترون (MLP) معمولاً برای اهداف طبقه‌بندی و تقریب تابع استفاده می‌شود. لایه ورودی، لایه (ها) پنهان و لایه خروجی ساختار MLP را تشکیل می‌دهند. MLP یک شبکه عصبی پیش‌خور (FFNN) است، به این معنی که داده‌ها در یک جهت از لایه ورودی به خروجی جریان می‌یابند. کمینه‌سازی خطا را می‌توان با نزول گرادیان با

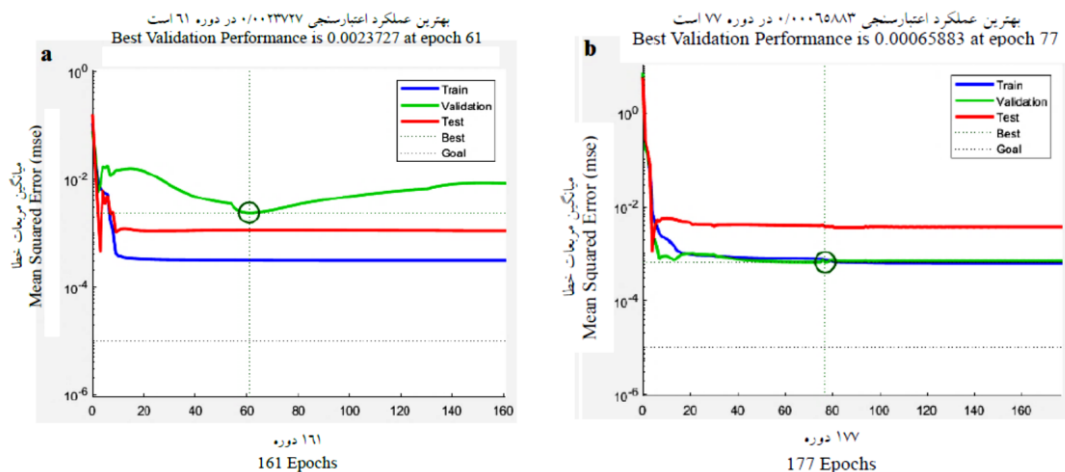
خطا در مجموعه آزمون انجام شد. در این تحقیق از تابع درجه دوم برای ارائه داده‌های آزمون استفاده شده است. شکل ۸ نمودارهای پاسخ برای پیش‌بینی SVM را نشان می‌دهد. با استفاده از این تکنیک، مقدار RMSE برای پارامتر اسیدیت و پراکسید به ترتیب برابر با ۰/۱۱۸ و ۰/۱۰۶ و مقدار R^2 برابر با ۰/۸۷ و ۰/۹۸ به دست آمد.

کنجد گزارش شد (شکل ۶ و شکل ۷). بر اساس نتایج، حداکثر دقت و کمترین خطا در اندازه‌گیری اسیدیت و روغن کنجد از دستگاه به ترتیب ۰/۹۹۳۰ و ۰/۰۰۲۳ و فاکتورهای ذکر شده در اندازه‌گیری مقدار پراکسید به ترتیب ۰/۹۹۹۱ و ۰/۰۰۰۶ بوده است. انتخاب یک تابع SVM مناسب با روش آزمون و



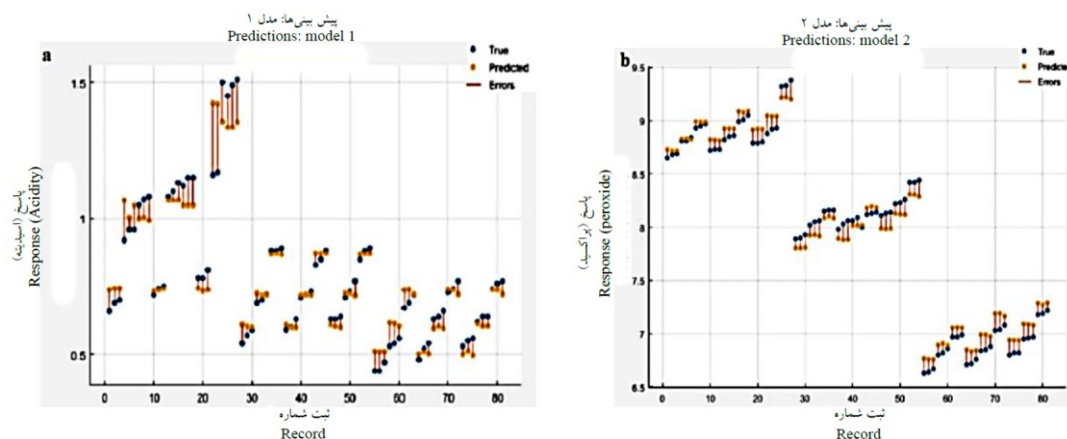
شکل ۶- مقدار R مدل ANN برای روغن کنجد خروجی (a: اسیدیت و b: پراکسید)

Figure 6- R value of ANN model for output sesame oil (a: acidity and b: peroxide)



شکل ۷- مقدار MSE مدل ANN برای روغن کنجد خروجی (a: اسیدیت و b: پراکسید)

Figure 7-MSE value of ANN model for output sesame oil (a: acidity and b: peroxide)

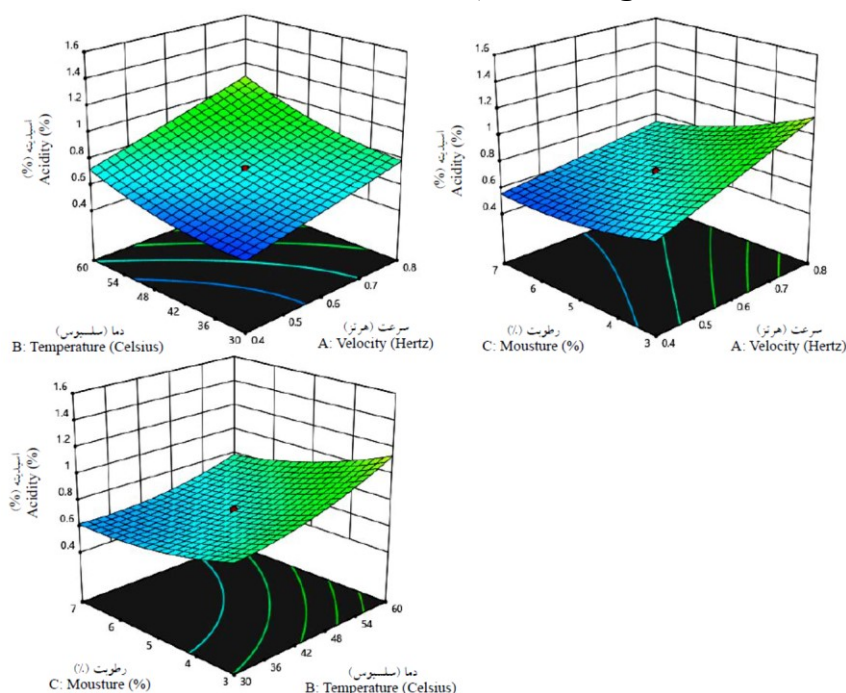


شکل ۸- مقدار پاسخ در محدوده رکورد روغن کنجد خروجی (a: اسیدیته و b: پراکسید)

Figure 8- Response figure in range of record of output sesame oil (a: acidity, b: peroxide)

دارد. نمودارها بیشترین اسیدیته (کمترین کیفیت) را در ۰/۸ هرتز و دمای ۶۰ درجه سلسیوس نشان دادند. بیشترین میزان اسیدیته مربوط به روغن استخراج شده از دانه‌ای بود که دارای ۳ درصد رطوبت (۱/۵۱ درصد) بود. همچنین کمترین میزان اسیدیته مربوط به دانه‌های کنجد با ۷ درصد رطوبت (۰/۴۴ درصد) است که سرعت مارپیچ و دمای پوسته به ترتیب ۰/۴ هرتز و ۳۰ درجه سلسیوس بود.

دمای محفظه و سرعت مارپیچ از مهم‌ترین عوامل در کارایی دستگاه پرس مارپیچی روغن کنجد است. این دو عامل هم در کیفیت و هم در کمیت روغن خروجی از دستگاه بسیار مؤثر هستند. اسیدیته روغن در سه دما و سرعت مختلف اندازه‌گیری شد. شکل ۹ که مربوط به اسیدیته روغن کنجد است، نشان می‌دهد که اسیدیته روغن با رطوبت دانه کنجد نسبت معکوس دارد و با دمای پوشش و سرعت مارپیچ رابطه مستقیم

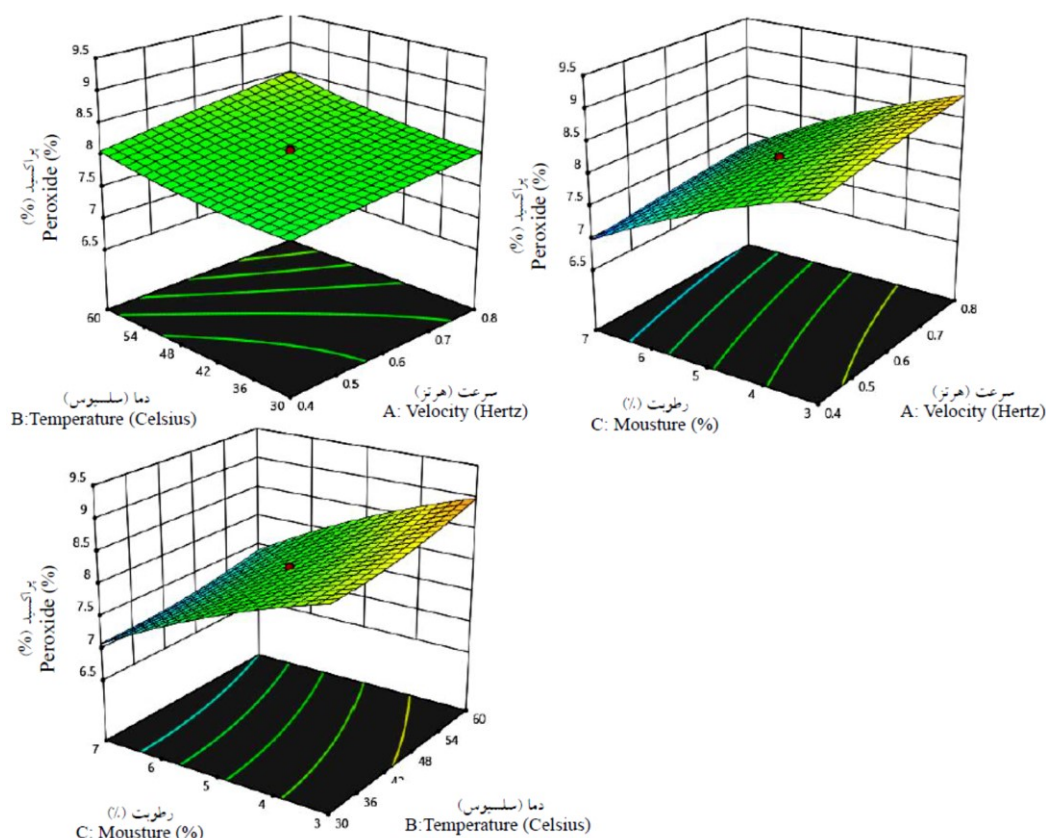


شکل ۹- تأثیر دمای پوسته، سرعت مارپیچ و رطوبت دانه کنجد بر اسیدیته روغن کنجد.

Figure 9- The effect of temperature of encasement, velocity of helix and moisture of sesame seeds on acidity of sesame oil

استخراج شده با سرعت مارپیچ ۰/۸ هرتز، ۶۰ درجه سلسیوس دمای پوسته و ۳ درصد رطوبت (۹/۳۸ درصد) بود و کمترین مقدار پراکسید (۶/۶۳ درصد) مربوط به نمونه روغن کنجدی بود که با سرعت مارپیچ، دمای محفظه و محتوای آب به ترتیب ۰/۴ هرتز، ۳۰ درجه سلسیوس و ۷ درصد استخراج شد.

پراکسید و اسیدیته از عوامل مهم در تعیین کیفیت روغن کنجد هستند و روغن با اسیدیته کمتر نیز سطح پراکسید کمتری دارد. با توجه به شکل ۱۰، می توان نتیجه گرفت که میزان پراکسید روغن کنجد از دستگاه به طور مستقیم با سرعت مارپیچ و دمای محفظه رابطه دارد و با رطوبت دانه کنجد نسبت معکوس دارد. در بین نمونه ها، بیشترین مقدار پراکسید مربوط به روغن



شکل ۱۰- تأثیر دمای پوسته، سرعت مارپیچ و رطوبت دانه کنجد بر پراکسید روغن کنجد.

Figure 10- The effect of temperature of encasement, velocity of helix and moisture of sesame seeds on peroxide of sesame oil

استخراج روغن با راندمان بالا را دارد و در صورت امکان تولید انبوه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. این دستگاه با طول مؤثر اکسترودر ۳۹۰ میلی متر، پیشرانی دانه له شده با ضربه ۳۰ میلی متر، عمق دندان مارپیچ ۱۰ میلی متر و قطر خارجی ۸۰ میلی متر و زاویه گام مارپیچ ۸۲/۵ درجه است. با افزایش دما، پراکسید

نتیجه گیری

با توجه به تقاضای بالای کشور برای روغن در نقاط مختلف کشور از جمله کشاورزی، صنعت و غیره و همچنین پتانسیل بالای کشور برای کشت آبی، طراحی دستگاهی با عملکرد مطلوب که بتواند پاسخگو باشد ضروری بود. این دستگاه قابلیت

روغن می‌شود. به‌طورکلی، حفظ کیفیت غذا مهم‌تر از کمیت است. برای به دست آوردن روغن مرغوب، هنگام استفاده از پرس ماریچی برای استخراج روغن کنجد، باید به عواملی مانند سرعت محور ماریچ، فشار محفظه پرس و میزان رطوبت دانه کنجد توجه ویژه داشت.

سپاسگزاری

نویسنده مایل است از گروه طراحی ماشین و مکترونیک، پژوهشکده مکانیک سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران برای مشارکت در این مطالعه و تأمین اعتبار آن از محل پژوهانه شماره ۰۳۴۵۷۰ تشکر نماید.

و اسیدیت روغن کنجد افزایش یافته و کیفیت روغن نقش اساسی در سلامت جامعه دارد. همچنین افزایش دما باعث کاهش رطوبت کنجد در دستگاه می‌شود که تا حدودی کیفیت و کمیت روغن خروجی از دستگاه را تغییر می‌دهد. افزایش رطوبت باعث کاهش میزان پراکسید و اسیدیت روغن می‌شود اما بر میزان روغن استخراج شده دستگاه تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، موجب کاهش بسیار کمی از میزان روغن خروجی دستگاه می‌شود. افزایش سرعت شفت ماریچ نیز باعث افزایش فشار و اصطکاک در محفظه پرس می‌گردد که موجب افزایش دمای محفظه می‌شود. افزایش دما باعث افزایش احتراق اکسیژن هوا با روغن شده که باعث افزایش میزان پراکسید و اسیدیته

منابع

1. Beerens, P. (2007). Screw-pressing of Jatropha seeds for fuelling purposes in less developed countries. M.Sc. Thesis, Department of Sustainable Energy Technology, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 87 p.
2. Carrín, M. E. and Crapiste, G. H. (2008). Mathematical modeling of vegetable oil-solvent extraction in a multistage horizontal extractor. J. Food Engineering. 85(3), 418-425.
3. Cerutti, M. L. M. N., Souza, A. A., Souza, S. M. (2012). Solvent extraction of vegetable oils: Numerical and experimental study. J. Food and Bioproducts Processing, 90, 2, 199-204.
4. Chakraborty, D., Das, J., Das, P. K., Bhattacharjee, S. C., & Das, S. (2017). Evaluation of the parameters affecting the extraction of sesame oil from sesame (*Sesamum indicum* L.) seed using soxhlet apparatus. International Food Research Journal, 24(2), 691.
5. Corso, M. P., Fagundes-Klen, M. R., Silva, E. A., Cardozo Filho, L., Santos, J. N., Freitas, L. S., & Dariva, C. (2010). Extraction of sesame seed (*Sesamum indicum* L.) oil using compressed propane and supercritical carbon dioxide. The Journal of Supercritical Fluids, 52(1), 56-61.
6. Döker, O., Salgin, U., Yildiz, N., Aydoğmuş, M., & Çalimli, A. (2010). Extraction of sesame seed oil using supercritical CO₂ and mathematical modeling. Journal of Food Engineering, 97(3), 360-366.
7. Funes, E., Allouche, Y., Beltrán, G., & Jiménez, A. (2015). A review: artificial neural networks as tool for control food industry process. Journal of Sensor Technology, 5(01), 28.
8. Hemwimon, S., Pavasant, P. and Shotipruk, A. (2007). Microwave-assisted extraction of antioxidative anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*. Separation and Purification Technology. 54, 44-50.
9. Japon-Lujan, R. and Luque de Castro, M.D. (2006). Superheated liquid extraction of oleuropein and related biophenols from olive leaves. Journal of Chromatography A. 1136: 185-191.
10. Kaviani, M., Darjani, Z., Tomovska, J., Mazandarani, Z., & Shariati, M. A. (2015). Comparing Different Extraction Methods of Sesame Oil. International Journal, 4(2), 22-25.
11. Kazemi, P., Peydayesh, M., Bandegi, A., Mohammadi, T., & Bakhtiari, O. (2014). Stability and extraction study of phenolic wastewater treatment by supported liquid membrane using

- tributyl phosphate and sesame oil as liquid membrane. Chemical engineering research and design, 92(2), 375-383.
12. Latif, S., & Anwar, F. (2011). Aqueous enzymatic sesame oil and protein extraction. Food chemistry, 125(2), 679-684.
13. Mandal, V., Mohan, Y. and Hemalatha, S. (2007). Microwave-assisted extraction- an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. J. Pharmacognosy Reviews.
14. Manikantan, M. R., Sharma, R., Yadav, D. N., & Gupta, R. K. (2015). Selection of process parameters for producing high quality defatted sesame flour at pilot scale. Journal of food science and technology, 52(3), 1778-1783.
15. Martínez, M. L., Bordón, M. G., Lallana, R. L., Ribotta, P. D., & Maestri, D. M. (2017). Optimization of Sesame Oil Extraction by Screw-Pressing at Low Temperature. Food and Bioprocess Technology, 10(6), 1113-1121.
16. Pande, S. D., & Deo, S. K. (2018). Formulation and quality assessment of protein rich sesame Chikki-indigenous energy bar. International Journal of Agricultural Engineering, 11(Special Issue) , 11-14.
17. Papadopoulou, O. S., Panagou, E. Z., Mohareb, F. R., & Nychas, G. J. E. (2013). Sensory and microbiological quality assessment of beef fillets using a portable electronic nose in tandem with support vector machine analysis. Food Research International, 50(1), 241-249.
18. Pradhan, R. C., Mishra, S., Naik, S. N., Bhatnagar, N., Vijay, V. K. (2011). Oil expression from Jatropha seeds using a screw press expeller. J. Biosystems Engineering, 109, 2, 158–166.
19. Reshma, M. V., Balachandran, C., Arumughan, C., Sunderasan, A., Sukumaran, D., Thomas, S., & Saritha, S. S. (2010). Extraction, separation and characterisation of sesame oil lignan for nutraceutical applications. Food Chemistry, 120(4), 1041-1046.
20. Warra, A. A. (2011). Sesame (*sesamum indicum* L.) seed oil methods of extraction and its prospects in cosmetic industry: a review. Bayero Journal of Pure and Applied Sciences, 4(2) , 164-168.
21. Yolmeh, M., & Jafari, S. M. (2017). Applications of response surface methodology in the food industry processes. Food and Bioprocess Technology, 10(3), 413-433.

