

Методика за изследване на разпределението на енергийните потоци при термична обработка на мливо чрез електронна система за управление на процесите

Сехер Кадирова

Methodology for the investigation of the distribution of energy flow in thermal processing of meal by electronic control system: *The preliminary treatment of crops in vegetable oil pressing is characterized by complexity of the technology and high-energy consumption. The aim of the paper is to develop a methodology the investigation of the distribution of energy flow in a toaster. The methodology is needed for development of electronic system which improves the control of thermal moisture pre-treatment processes of oilseeds in vegetable oil extraction technology, ensuring the required quality at low energy consumption. Development of a model predicting the thermal-moisture changes in the meal, based on algorithms, physical and empirical relations is required. For achieving the aim it is required experimentally obtaining of the the empirical models of the dynamic of change of temperature and moisture in time.*

Key words: *model, methodology, electronic system.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременното развитие на компютърната техника открива нови възможности за усъвършенстване на системите за управление на процесите и определянето на въздействия, гарантиращи високо качество на получения краен продукт с намалени енергийни разходи. Разработването и внедряването на ефективни методики и технологии при производството на растителни масла е важна и необходима задача при проектирането на съвременните електронни системи за управление. Характерът на протичане на процеса влаготоплинна обработка най-пълно се описва от кривите на изменение на температурата и влажността на обработвания маслоносен материал в пекача, от едрината на смилане на материала, вискозитетът на маслото в зависимост от температурата. За управление на процеса могат да се използват част от параметрите или всичките. Параметрите влажност и температура на изпеченото мливо на изхода на пекача характеризират качествена страна на работата на системата и трябва да удовлетворяват установените изисквания [3,4,5].

Целта на настоящата статия е да се разработи методика за изследване на енергийните потоци при термична обработка на мливо с цел повишаване на ефективността на електронната система за управление.

МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАЗПРЕДЕЛЕНИЕТО НА ЕНЕРГИЙНИТЕ ПОТОЦИ ПРИ ТЕРМИЧНА ОБРАБОТКА НА МЛИВО

Коефициентът за пропорционалност при конвективен топлообмен α , числено е равен на топлинния поток, който преминава през единица повърхност при температурна разлика 1°C на средата и повърхността на твърдо тяло, като зависи от голям брой променливи. Тъй като няма аналитично еднозначно решение на тази задача, известни са различни експериментални и аналитични методи [1,2].

На основата на подобие на физически процеси, са изведени бездимензионни критерии, наречени по името на разработилите ги учени, които са използвани за определяне на коефициента за пропорционалност при конвективен топлообмен α .

За определяне на регресионните модели на основните зависимости за разпределението на енергийния поток при влаготоплинно обработване на маслоносно мливо във времето е необходимо провеждане на експериментални изследвания в лабораторни условия за извеждане на зависимостите на температурата и влажността на мливото във времето [2].

Уредите, които са необходими за провеждане на изследването са: загряващ уред, дълбок затворен съд за топлинно обработване на материала със стабилно дъно за осигуряване на равномерно разпределяне на температурата до всички точки

по обема на материала, лопатка за разбъркване, електронна везна и хронометър. При провеждане на експерименталните изследвания е необходимо да се изпълнят следните стъпки:

▪ **Определяне на началната влажност на материала**

За определяне на влажността се подготвят проби от материала и всяка се поставя в дълбок съд и се загрева с непрекъснато разбъркване до пълно изпаряване на влагата съдържаща се в него. След термична обработка (загряване) влагата на материала се отделя и в съда остава само сухото вещество от мливото. Влажността на материала се определя по формулата $w = m_{\text{ml}} \frac{m_{\text{ml}} - m_{\text{s.v.}}}{100 - m_{\text{s.v.}}}$, където w е влагата на материала, m_{ml} – маса на мливото, $m_{\text{s.v.}}$ – маса на сухото вещество.

▪ **Доувлажняване - добавяне на допълнително количество вода до получаване на различни начални влажности на материала**

В производствени условия различните видове материали са с различни влажности. В зависимост от вида на маслоносния материал (слънчоглед, царевични зародиши, рапица, соя и др.) и следваща технологична операция е необходимо осигуряване на различна начална влажност на мливото.

▪ **Определяне на зависимостите на изменение на температурата и влажността на мливото във времето.**

Необходимо е да се изведат регресионни модели за задаване на допустимите интервали на изменение на температура и влажност на обработваното мливо във времето и да се зададат зоните за управление на влаготоплинните процеси в пекача.

За целта се провеждат експериментални опити в лабораторни условия на загряване на мливото с различни начални влажности. За използваните в България маслодайни смеена типичните начални влажности са в интервала 8-12%.

Към подготвените проби, които са по 300 g сухо вещество се добавят необходимите количества вода до достигане на влажности съответно от 8 до 12%. Всяка от пробите се повтаря по 5 пъти за съответната влажност и през малки интервали от време непрекъснато се записват стойностите на основните параметри, оказващи влияние върху качеството на влаготоплинна обработка: температура, маса и време.

ПРОВЕЖДАНЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТА

Подготвя се необходимото оборудване. Електронната везна се тарира спрямо масата на съда, в който ще се извърши изпичането на мливото. За имитиране на реалните условия в маслодобивен цех, мливото се поставя в дълбок съд с незалепващо покритие и стабилно дебело дъно, за осигуряване на равномерно разпределяне на топлината по цялата маса на загряваното мливо. Съдът се поставя върху предварително загрят източник на топлина. Стартира се хронометъра и започва непрекъснато бавно разбъркване на мливото. През равни интервали от време се измерва моментните стойности на масата на мливото и времето. Продължава се до видимо изменение на цвета на мливото до тъмен цвят и лъскавина и се събира на големи бучки. Добре обработеното мливо получава жълтокафяв цвят, при търкане между пръстите не се маже и при стискане в ръка от него не се отделя масло.

След записване в табличен вид данните се въвеждат в таблици в програмата MS Excel и се построяват регресионните криви за извеждане на математическите модели на зависимостите на температурата и влажността на обработваното мливо във времето. Намира се кривата, която най-точно описва процеса и максимално се доближава до реалния характер на процеса.

Изборът на моделите се основават на минималната получена стандартна

грешка σ за оценка на точността на регресионния математически модел, коефициента на линейна корелация - r и коефициентът на детерминация - r^2 . Изборът на моделите се прави на основа на получена стандартна грешка по-малка от $\varepsilon = 0,5$.

▪ **Изследване на динамиката на изменение на температурата и влажността на мливото във времето**

Определянето на регресионните модели на основните зависимости за разпределението на енергийния поток при влаготоплинно обработване на маслено мливо във времето се извършва на база на проведени експериментални изследвания в лабораторни условия.

Необходимостта от извеждане на математическите регресионни модели на основните зависимости: $t_{ml} = f(\tau)$ и $M_{ml} = f(\tau)$ при различни температури на загряващия флуид при промяна на интервала от време за обработка, се обосновава от липсата на тези зависимости в анализирания литература и от факта, че те са основно ядро за модела за влаготоплинна обработка. Регресионните модели задават допустимите интервали на изменение и зоните за управление на влаготоплинните процеси в пекача.

Входните данни, осигуряващи работата на модела и системата са: физични размери на частиците, специфична плътност на мливото, начална температура и влажност на материала.

Първоначално се задават стойности на променливите, участващи в алгоритъма като изходни данни. Анализирането на факторите, влияещи върху процеса на обработка се извършва на базата на предложената методика. Като базисен материал за изследване е прието мливо от царевични зародиши с параметри: коефициент на топлопренасяне при слой материал $\lambda_{meal_thin} = 0,13 \frac{W}{m.K}$; начална влажност $M_{ml_in} = 10\%$; крайна влажност $M_{ml_out} = 3,2\%$, температура на загряващия флуид $t_{heat_fl} = 150^\circ C$. Чрез разработения симулационен модел се изследва влиянието на отделните параметри върху температурно-влажностните процеси, протичащи при обработката на мливо.

Зависимост на температурата на мливото във времето $t_{ml} = f(\tau)$

На базата на проведените изследвания в лабораторни и производствени условия, са изведени математическите модели на зависимостта на температурата на мливото във времето - $t_{ml} = f(\tau)$ при различни температури на загряващия флуид. Най-точно до реалния характер на изменение на температурата на мливо спрямо времето се доближават полиномите от трета степен от вида $y = a.x^3 + b.x^2 + c.x + d$.

Резултатите, получени при експериментално определяне на динамиката на изменение на температурата и влажността на мливото начална влажност 10% при лабораторни условия, са дадени в табличен вид в табл. 1.

Изборът на моделите се основават на минималната получена стандартна грешка σ за оценка на точността на регресионния математически модел, коефициента на линейна корелация (коефициент на Пирсън - r) и коефициентът на детерминация (коефициент на Едоус - r^2). Изборът на моделите е основан на получена стандартна грешка $\varepsilon = 0,356$.

Таблица 1

Експериментални резултати получени в лабораторни условия

Време, s	Температура, °C	Маса, g	Влажност, %	Време, s	Температура, °C	Маса, g	Влажност, %
0	30	333	9.91	326.39	86	320	6.25
53.4	39	333	9.91	358.07	87	318	5.66
89.4	44	332	9.639	381.53	91	316	5.063
123.01	53	331	9.366	407	92	316	5.063
149.34	67	330	9.091	418.25	95	314	4.459
175.44	69	328	8.537	476.49	98	312	3.846
201.51	71	327	8.257	509.67	100	311	3.537
230.56	78	326	7.975	546.88	102	310	3.226
256.45	87	324	7.407	575.25	105	309	2.913
298.73	87	322	6.832	613.07	106	308	2.597

АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Изследванията са проведени в лабораторни условия в Русенски университет.

Таблица 2

Регресионни математически модели на зависимостта $t_{ml} = f(\tau)$

Начална влажност на мливото, %	Регресионен математически модел	r^2	r
1	2	3	4
8	$t_{ml} = 0,0171\tau^3 - 0,7451\tau^2 + 12,597\tau + 16,252$	0,9897	0,9948
9	$t_{ml} = 0,0168\tau^3 - 0,7063\tau^2 + 12,005\tau + 14,968$	0,9778	0,9888
10	$t_{ml} = 0,0226\tau^3 - 0,9702\tau^2 + 14,637\tau + 12,694$	0,9701	0,9849
11	$t_{ml} = 0,0082\tau^3 - 0,4703\tau^2 + 10,181\tau + 16,057$	0,9786	0,9892
12	$t_{ml} = 0,0129\tau^3 - 0,6263\tau^2 + 11,238\tau + 16,536$	0,9790	0,9894

Зависимост на влажността на мливото във времето $M_{ml} = f(\tau)$

Изведените регресионни математически модели за изменението на влажността на маслоносния материал във времето са дадени в табл. 3.

Таблица 3

Регресионни математически модели на зависимостта $M_{ml} = f(\tau)$

Начална влажност на мливото, %	Регресионен математически модел	r^2	r
1	2	3	4
8	$M_{ml} = 0,0014\tau^3 - 0,0461\tau^2 + 0,0068\tau + 9,9996$	0,9981	0,9990
9	$M_{ml} = 0,0015\tau^3 - 0,0547\tau^2 + 0,1053\tau + 10,81$	0,9965	0,9982
10	$M_{ml} = 0,0009\tau^3 - 0,0375\tau^2 - 0,0513\tau + 11,833$	0,9962	0,9980
11	$M_{ml} = 0,0015\tau^3 - 0,0608\tau^2 + 0,1879\tau + 12,046$	0,9959	0,9979
12	$M_{ml} = 0,0006\tau^3 - 0,0218\tau^2 - 0,2736\tau + 13,602$	0,9971	0,9985

На базата на проведените изследвания в лабораторни и производствени условия са изведени математическите модели на зависимостта на влажността на

мливото във времето – $M_{\text{мл}} = f(\tau)$ при различни температури на загряващия флуид. Изборът на моделите е основан на получена стандартна грешка $\varepsilon = 0,756$.

Изведените регресионни модели задават допустимите интервали на изменение на температура и влажност на обработваното мливо във времето и задават зоните за управление на влаготоплинните процеси в пекача. Тези модели, заедно с изведените в глава 3 критерии за оценка на качеството на мливото, са вложени в симулационните модели за изследваните и управление на процеса на обработка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведени са експериментални изследвания в лабораторни условия за извеждане на регресионните модели, даващи изменението на температурата и влажността на мливо във времето.

Изведените регресионни модели задават допустимите интервали на изменение на температура и влажност на обработваното мливо във времето и зоните за управление на влаготоплинните процеси в пекача.

Разработените модели, заедно с изведените критерии за оценка на качеството на мливото, са необходими за създаване на симулационните модели за изследваните и управление на процеса на обработка.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Кименов Г. и кол., „Сборник от задачи по термодинамика и топлообмен”, София, Техника, 1990, 350 стр.

[2] Митков Ат., Теория на експеримента, Русенски Университет „Ангел Кънчев”, 2010, 230 стр.

[3] Manukova, A., S. Kadirova. Electronic control for high efficient process in thermal-moisture pretreatment of meal, Elektronika – konstrukcje, technologie, zastosowania, Poland, 9/2009, pp.62–168.

[4] Mpagalile, J., M. Hannab, R. Weber, Seed oil extraction using a solar powered screw press, Industrial Crops and Products, 2007, Vol. 25, pp.101–107.

[5] Souza, A. Gouveia de et al. A thermoanalytic and kinetic study of sunflower oil. Braz. J. Chem. Eng. 2004, vol.21, pp. 265–273 .

За контакти:

Гл. ас. д-р инж. Сехер Кадилова, катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/ 888 516, e-mail: skadirova@ecs.uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.