

Модел на топлината, консумирана по време на процеса На пържене на храни

Веселка Камбурова, Иванка Желева

A Model of Heat Consumption during Frying of Foods: An analytical model of heat energy consumption during the process of food frying is presented. The dependence between heat consumption and row product weight, temperature of row product and oil temperature for frying of fish is obtained.

Key words: Food, Frying, Heat consumption, Model, Row product weight, Temperature, Water content.

ВЪВЕДЕНИЕ

Процесът на пържене е комплексен процес, състоящ се от топло- и масопренасяне в две различни зони, разделени от движеща се граница, и температури доста по-високи от температурата на кипене на водата. По време на пърженето в продукта протичат редица химически реакции и се наблюдават физически промени. Протичащите химически реакции водят до подобряване на аромата и вкуса на пържения продукт. Физическите промени са: намаляване на влагосъдържанието, нарастване на температурата и маслеността, образуване на слой кора и възможно свиване или набухване на продукта като цяло (промяна на геометричните размери). Пържените храни варират от относително хомогенни материали като пържени картофи, меса и риби до сложни композити като панирани меса, сирена и други.

В следствие на високите скорости на приготвяне и добрите характеристики на продукта пърженето стана основа на хранителната индустрия за закуски и един от основните методи при бързото хранене и кетъринговата индустрия. Това резонно води и до възникване на въпроса за разхода на енергия при пържени на хранителни продукти. Този въпрос има, както инженерни, така и икономически аспекти. Целесъобразно е изследването на консумацията на енергия да се извърши на база на математически модел. Такива модели за пържене в пържилна камера са представени например от Р. Ривотицки [2, 3].

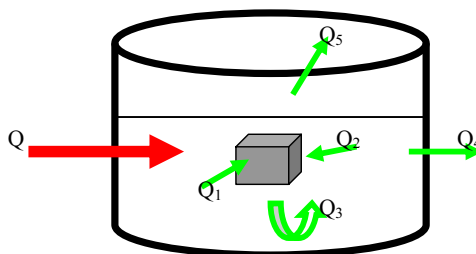
В тази статия е представен математически модел на консумацията на енергия при пържене на различни храни във фритюрник, особености на процеса при пържене на риба и тестване на модела.

МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ

Математическият модел на консумираната топлинна енергия при пържене на хранителни продукти е разработен на база на топлинния баланс [2, 4]. За опростяване на модела се допуска, че пърженето е устойчив процес и топлината, постъпваща във фритюрника по време на процеса е равна на топлината на изхода. Уравнение (1) представя топлинния баланс на процеса:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, J \quad (1)$$

където Q – пълната топлина, необходима за пържене на храната, J; Q₁ – топлина, необходима за нагряване и изпаряване на водата, намираща се в суровия продукт; Q₂ – топлина, необходима за нагряване на суровия продукт; Q₃ – топлина, необходима за нагряване на мазнината във фритюрника; Q₄ – топлина, отдадена на околната среда през стените на фритюрника; Q₅ – топлинни загуби от вентилацията. На Фиг. 1 са показани топлините, участващи в топлинния баланс на процеса на пържене.



Фиг. 1. Топлини, участващи в топлинния баланс на процеса пържене на храни

При разработване на топлинния баланс на процеса трябва да се отчете и материалният баланс на водата, постъпваща във фритюрника със суровия продукт [1]:

$$m = m_1 - (m_2 - m_3) + m_4, \text{ kg}, \quad (2)$$

където m - маса на водата, въведена във фритюрника със суровия продукт, kg; m_1 - маса на суровия продукт; m_2 - маса на изпържения продукт; m_3 - маса на мазнината, погълната от изпържения продукт; m_4 - маса на водата на повърхността на суровия продукт след миене.

Топлините, участващи в топлинния баланс могат да се определят с помощта на следните уравнения:

Топлина за нагряване и изпаряване на водата, намираща се в суровия продукт:

$$Q_1 = [c_1(T_2 - T_1) + r]m, \text{ J} \quad (3)$$

Топлина за нагряване на суровия продукт:

$$Q_2 = c_2(T_3 - T_1)(m_2 - m_3), \text{ J} \quad (4)$$

Топлина за нагряване на мазнината във фритюрника:

$$Q_3 = c_3(T_3 - T_4)m_3, \text{ J} \quad (5)$$

Топлина, отдадена на околната среда през стените на фритюрника:

$$Q_4 = U(T_3 - T_5)Ft, \text{ J} \quad (6)$$

Топлинните загуби от вентилация на фритюрника са пропорционални на постъпилата в него топлина

$$Q_5 = x_5 Q \quad (7)$$

В уравнения (3) – (7) са използвани следните означения: c_1 – специфичен топлинен капацитет на водата, J/kg.K; c_2 – специфичен топлинен капацитет на суровия продукт, J/kg.K; c_3 – специфичен топлинен капацитет на мазнината, J/kg.K; F – топлообменна повърхност на фритюрника, m^2 ; r – топлина на парообразуване, J/kg; T_1 – температура на суровия продукт, °C; T_2 – температура на насищане на водата, °C; T_3 – температура на мазнината при пържене, °C; T_4 – температура на

студената мазнина, °C; T_5 – температура на околната среда, °C; x_5 – коефициент на пропорционалност, U – коефициент на топлопреминаване през стената на фритюрника, $W/(m^2.K)$; t – продължителност на процеса, s.

След заместване в уравнението на топлинния баланс се получава:

$$Q = (m_1 + m_4)[c_1(T_2 - T_1) + r] - (m_2 - m_3)[c_1(T_2 - T_1) + r - c_2(T_3 - T_1)] + m_3c_3(T_3 - T_4) + U(T_3 - T_5)Ft + x_5Q \quad (8)$$

Получената зависимост за топлинния поток е функция на редица променливи. Специфичните топлинни капацитети c_1 , c_2 , c_3 и коефициентът на топлопреминаване U се променят слабо при промяна на температурата. За целите на настоящата разработка те могат да се приемат за константи.

По литературни данни загубите в околната среда са от порядъка на 10 % [2, 3]. Тъй като на сегашния етап от разработката не си поставяме за задача промяна на конструкцията или изолацията на фритюрника, последните два члена от уравнението, отчитащи загубите в околната среда през стените на фритюрника и загубите от вентилация ще бъдат пренебрегнати.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Пърженето се извърши във фритюрник с размери на ваната – диаметър 180 mm и височина 200 mm. Ваната е запълнена с 2.5 литра слънчогледово олио. Процесът на пържене започва когато олиото завира. Експериментът се проведе с океанска скумрия, нарязана на парчета с дължина 120 – 125 mm и средна дебелина от 24 до 30 mm за различните парчета.

Уравнение (8) може да се опрости като част от използваните в него величини се заместят със стойностите, получени при експерименталните изследвания. Стойностите на специфичните топлинни капацитети на водата, суровата скумрия и мазнината, както и на топлината на парообразуване са както следва:

$$c_1 = 4.19 \text{ kJ/(kg.K)} \quad r = 2256 \text{ kJ/kg} \quad c_2 = 2.721 \text{ kJ/(kg.K)} [1] \\ c_3 = 2.24 \text{ kJ/(kg.K)} [2]$$

По литературни данни теглото на водата на повърхността на суровия продукт след миене m_4 е от порядъка на 3 - 3.7 % от теглото на суровия продукт [2], теглото на изпържения продукт m_2 е от порядъка на 65 % от теглото на суровия продукт, а теглото на мазнината, погълната от изпържения продукт е 7 -10 % от теглото на изпържения продукт [2]. Тогава:

$$m_4 = 0.035m_1 \quad m_2 = 0.65m_1 \quad m_3 = 0.08m_2 = 0.052m_1$$

След заместване в уравнение (8) се получава:

$$Q = m_1(1168.075 - 3.45819T_1 + 1.62716T_3) + 5.6(T_3 - 20), \text{ kJ} \quad (9)$$

Полученият модел показва, че консумираната по време на пържене топлинна енергия зависи право пропорционално от масата на продукта, който се пържи и от температурата на мазнината по време на процеса и обратно пропорционално от началната температура на суровия продукт.

Моделът е основа за по-нататъшна работа по оптимизиране на процеса с цел намаляване на консумираната енерги, като това не води до влошаване на качеството на приготвяната храна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От представеното изследване могат да се формулират следните изводи:

1. Разработеният аналитичен модел на топлинната енергия, консумирана по време на пържене на хранителни продукти е валиден за всички продукти, обработвани термично чрез пържене.
2. На база на този модел могат да се формират детайлни модели за консумацията на топлина по време на пържене на определен продукт.
3. Полученият детайлен модел за топлинната консумация при пържене на риба показва зависимостта на консумираната топлина от теглото и температурата на суровия продукт и температурата на мазнината.
4. Този модел е база за оптимизиране на процеса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Balaban M., Effect of volume change in foods on the temperature and moisture content predictions of simultaneous heat and moisture transfer models, *Journal of Food Process Engineering* 12 (1989), 67 – 88
- [2] Rywotyski R., A model of heat energy consumption during frying of food, *Journal of Food engineering*, 59 (2003), 343 – 347
- [3] Rywotyski R., The effect of fat temperature on heat energy consumption during frying of food, *Journal of food engineering*, 54 (2002), 257 – 261
- [4] Еленков В., Сушене и сушилна техника, С. Земиздат, 1988

За контакти:

Доц. д-р инж. Веселка Иванова Камбурова, Филиал - Разград, Русенски университет "Ангел Кънчев", Е-mail: veselkakamburova@dir.bg

Доц. д-р Иванка Миткова Желева, Филиал - Разград, Русенски университет "Ангел Кънчев", Е-mail: izheleva@ru.acad.bg

Докладът е рецензиран