

Karolina PERZ, Aleksandra REWOLIŃSKA, Tomasz KOTARBA

e-mail: Karolina.Perz@put.poznan.pl

Zakład Maszyn Spożywczych i Transportu Żywności, Wydział Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Politechnika Poznańska, Poznań

Badanie wpływu rozwiązań konstrukcyjnych wymienników ciepła na wybrane parametry produktu spożywczego

Wstęp

Wymienniki ciepła stosuje się m.in. w chłodnictwie, ciepłownictwie, budownictwie i przemyśle spożywczym. Aparaty te w przemyśle spożywczym wykorzystuje się do blanszowania, rozparzania, pasteryzacji, odparowania z zagęszczaniem, kondensacji itp. [Warych, 2004; Kowalczyk i in., 2014; Wiśniewski i in., 2014]

Rozwiązanie konstrukcyjne wymiennika ciepła ma istotny wpływ na parametry produktu, zatem wybór odpowiedniego urządzenia może mieć kluczowe znaczenie w procesie produkcyjnym.

Celem pracy było porównanie wybranych parametrów produktu (zupa typu krem) poddanego pasteryzacji w wymiennikach ciepła o różnej konstrukcji.

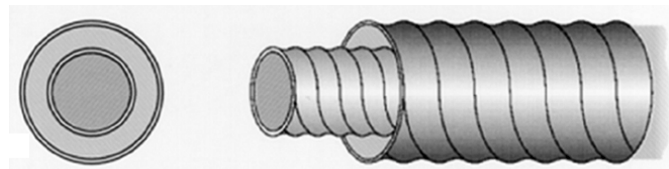
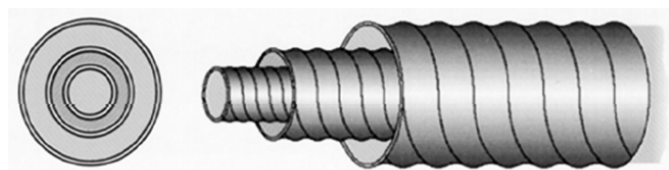
Badania doświadczalne

Materiały. Pasteryzacji poddano modelową zupę typu krem. Do porównania wytypowano następujące parametry: lepkość, zawartość soli, konsystencja, kwasowość, barwa. Pomiar tych parametrów następował po procesie.

Metodyka. Badany materiał był poddany sterylizacji metodą UHT (*Ultra High Temperature processing*). Polega ona na szybkim podgrzaniu do temp. powyżej 120°C, przetrzymaniu w tej temperaturze przez odpowiedni czas, a następnie na szybkim ochłodzeniu do temperatury poniżej 40°C. Proces ten pozwala na zabicie flory bakteryjnej, bez zmiany walorów smakowych produktu.

Do badania lepkości wykorzystano reometru *Rheolab QC*. Badanie zawartości soli wykonano za pomocą aparatu *Titrand 848*. Konsystencje określano konsystometrem *Bostwicka*. Oznaczenie kwasowości wykonano za pomocą *pH*-metru. Badanie barwy zupy zostało przeprowadzone na aparacie *DigiEye*.

Aparatura. Do sterylizacji wykorzystano dwa typy rurowych, przeciwnieprądowych wymienników ciepła typu *rura w rurze* (Rys. 1) oraz wymiennik ciepła typu *rura w rurze w rurze* (Rys. 2).

Rys. 1. Układ rur w badanym wymienniku typu *rura w rurze* [Alfa Laval, 2016]Rys. 2. Układ rur w badanym wymienniku typu *rura w rurze w rurze* [Alfa Laval, 2016]

Wodę grzejną pobierano ze zbiornika z wodą procesową, podgrzewano ją w osobnym wymienniku ciepła, a następnie doprowadzono jako medium grzewcze do rurowego wymiennika ciepła. Woda grzejna cyrkulowała między wymiennikiem rurowym, a zbiornikiem z wodą grzewczą oddając swoje ciepło produktowi znajdującemu się w wymienniku rurowym. Wymienniki rurowe wykorzystane do pasteryzacji modelowej zupy były wyprodukowane przez tego samego producenta i posiadały podobne parametry konstrukcyjne (długość, średnicę zewnętrzną). Prędkość przepływu produktu w zastosowanych wymiennikach była taka sama.

Wyniki i dyskusja

Badany produkt (zupa modelowa) powinna spełniać normy wzorcowe określone przez producenta. Do oceny porównawczej wytypowano następujące parametry i zakresy:

- lepkość: 130÷170 mPas,
- zawartość soli: 0,75V1,05 g/100g,
- konsystencja: 11÷12) cm/s,
- kwasowość (*pH*): 5,45÷5,9,
- barwa (*L/a/b*): 63/20/70÷67/22,5/73.

Wykonano 30 pomiarów lepkości zupy z każdego wymiennika (Tab. 1). Można stwierdzić, że lepkości produktów z wykorzystaniem obu wymienników ciepła są do siebie bardzo zbliżone.

Tab. 1. Lepkość zupy modelowej w zależności od użytego wymiennika ciepła

Typ wymiennika	Lepkość, [mPas]	
	minimalna	139,8
Rura w rurze	maksymalna	166,7
	średnia	152,6
	minimalna	139,4
Rura w rurze w rurze	maksymalna	166,7
	średnia	153,5

Wykonano 30 pomiarów zawartości soli w zupie po wypływie z każdego wymiennika (Tab. 2).

Tab. 2. Zawartość soli w zupie w zależności od użytego wymiennika ciepła

Typ wymiennika	Zawartość soli, [g/100g]	
	minimalna	0,820
Rura w rurze	maksymalna	0,780
	średnia	0,799
	minimalna	0,830
Rura w rurze w rurze	maksymalna	0,790
	średnia	0,814

Wykonano 30 pomiarów konsystencji zupy po wypływie z każdego wymiennika (Tab. 3).

Tab. 3. Konsystencja zupy w zależności od użytego wymiennika ciepła

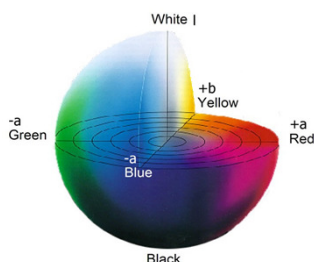
Typ wymiennika	Konsystencja, [cm/s]	
Rura w rurze	minimalna	12,00
	maksymalna	11,50
	średnia	11,733
Rura w rurze w rurze	minimalna	12,00
	maksymalna	11,50
	średnia	11,817

Wykonano 30 pomiarów kwasowości zupy po wypływie z każdego wymiennika (Tab. 3).

Tab. 4. Kwasowość zupy w zależności od użytego wymiennika ciepła

Typ wymiennika	Kwasowość (pH)	
Rura w rurze	minimalna	5,86
	maksymalna	5,79
	średnia	5,81
Rura w rurze w rurze	minimalna	5,86
	maksymalna	5,80
	średnia	5,83

Wyniki badania barwy zupy przedstawiono na trójchromatycznym modelu barw opracowanym przez CIE (*Comission Internationale de l'Eclairage*). Barwy w tym modelu odpowiadają punktom tworzącym bryłę przedstawioną na rys. 3.



Rys 3. Graficzne przedstawienie skali barw w systemie CIE $L^*a^*b^*$ [COATS, (2016)]

Osie a i b w tej bryle są do siebie prostopadłe. Punkt ich przecięcia odpowiada barwie achromatycznej. Prostopadle do płaszczyzny ab w punkcie barw achromatycznych znajduje się oś jasności barwy L o skali od 0 (czerni) do 100 (biel). Współrzędne a i b mogą przyjmować zarówno wartości dodatnie, jak i ujemne. Dodatnie wartości współrzędnej a określają udział barwy czerwonej, ujemne – zielonej. Dodatnie wartości współrzędnej b odnoszą się do udziału barwy żółtej, a ujemne – niebieskiej. CIE Lab stanowi matematyczną transformację przestrzeni CIE $L^*a^*b^*$ [Mielicki, 1997; Stockman i Gevers, 2000; Molenda i in., 2012].

Wyniki badania barwy produktu otrzymanego z obu wymienników ciepła przedstawiono w tab. 5. Jak można zauważyć, wyniki pomiaru barwy nie różnią się między sobą znacznie. Minimalne różnice mogą być spowodowane różnymi partiami surowców wykorzystanych do obu produkcji. Różnice są do tego stopnia niewielkie, że nie są zauważalne nieuzbrojonym okiem.

Tab. 5 Barwa zupy w zależności od użytego wymiennika ciepła

Pomiar	Barwa					
	Wymiennik rura w rurze			Wymiennik rura w rurze w rurze		
	L	a	b	L	a	b
1	65,46	20,77	71,52	64,66	21,23	70,89
2	65,81	21,03	71,91	65,11	20,98	71,88
3	64,68	21,02	71,23	65,33	21,16	71,15
4	64,89	21,12	71,27	65,67	20,89	71,31
5	66,03	21,1	72,36	64,89	21,3	72,33
średnia	65,37	21,01	71,66	65,13	21,11	71,51

Z przeprowadzonych badań wynika, że różnice między parametrami produktów otrzymanych z wymienników ciepła *rura w rurze* oraz *rura w rurze w rurze* są praktycznie niezauważalne. Minimalne różnice mogą wynikać z różnych partii surowców użytych do produkcji oraz z błędów urządzeń pomiarowych.

Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników można ocenić, że przebieg procesu grzania w badanych wymiennikach ciepła nie ma znaczącego wpływu na parametry produktu. Badane parametry mieściły się w założonym przedziale, a zatem otrzymany produkt był zgodny z założonym wzorcem.

Z energetycznego punktu widzenia wymiennik ciepła typu *rura w rurze w rurze* jest bardziej efektywny, niż wymiennik typu *rura w rurze*. Ponadto w wymienniku typu *rura w rurze w rurze* ze względu na jego konstrukcję (produkt jest ogrzewany z obu stron) istnieje mniejsze prawdopodobieństwo przypalenia produktu.

Wymiennik typu *rura w rurze* można stosować w przypadku zawiesin zawierających duże cząstki (np. zupy z cząstkami), natomiast wymiennik typu *rura w rurze w rurze* ze względu na wąską szczelinę znajdującą się między dwiema rurami nie pozwala na przepływ produktów o dużych cząstkach.

Jak widać oba wymienniki posiadają zarówno wady i jak i zalety. W zależności od rodzaju wytwarzanego produktu można dla niego dobrać odpowiedni wymiennik ciepła.

LITERATURA

- Alfa Laval, (2016). *Tube in tube heat exchangers*. (04.2016) <http://www.alfalaval.com/products/heat-transfer/tubular-heat-exchangers/tube-in-tube-heat-exchangers/>
- COATS, (2016). *Kolory wyrażone liczbami* (04.2016) <http://www.coatsindustrial.com/pl/information-hub/apparel-expertise/colour-by-numbers#space>
- Kowalczyk R., Lenart A., Lewicki P., (2014) *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego*. WNT, Warszawa
- Mielicki J., (1997). *Zarys wiadomości o barwie*. Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki, Łódź
- Molenda J., Wrona M., Siwiec E., (2012). Zastosowanie modeli CIE Lab w badaniach barwy lotnych popiołów. *Problemy eksploatacji*, 3, 177-187
- Stockman H.M.G., Gevers T., (2000). Color measurement by imaging spectrometry. *Computer Vision and Image Understanding*, 79, 236-249
- Warych J., (2004). *Aparatura chemiczna i procesowa*. Wyd. Pol. Warszawskiej, Warszawa
- Wiśniewski S., Wiśniewski T., (2014). *Wymiana ciepła*. WNT, Warszawa (24.11.2015)