

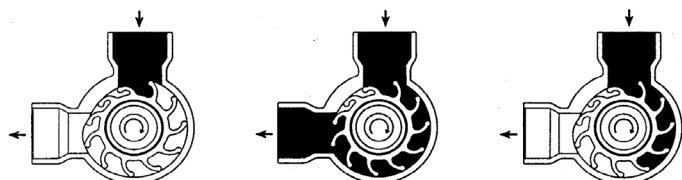
JAN LIMANOWSKI

Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

Ocena możliwości użycia pompy wirowej z elastycznym wirnikiem do tłoczenia jogurtu i serka homogenizowanego

Wstęp

W obiegowej opinii do przetwarzania ciekłych produktów spożywczych o wysokiej lepkości, takich jak jogurt lub serek homogenizowany należy stosować pompy krzywkowe, ślimakowe lub pompy wirowe z elastycznym wirnikiem. Działanie najrzadziej stosowanych, lecz nie będących wcale nowością na rynku pomp z elastycznym wirnikiem, polega na wykorzystaniu różnicy ciśnień wytworzonej przez rotor wykonany z gumy spożywczej. Jego elastyczne łopatki prostują się po wyjściu z przewężenia komory (Rys. 1a), zwiększają objętość przestrzeni międzyłopatkowej i generują podciśnienie po stronie ssawnej. W dalszej części obrotu wirnika ilość płynu znajdującego się pomiędzy łopatkami jest stała (Rys. 1b). Kolejne zginanie łopatek w przewężeniu powoduje wypieranie płynu (Rys. 1c). Ponieważ jednak towarzyszy mu przeciskanie nadmiaru płynu między powierzchnią komory a krawędzią łopatki, należy sądzić, że może być ono przyczyną reostrukcji czynnika.



Rys. 1. Schemat działania pompy z elastycznym wirnikiem

Metodyka

Do badań użyto jogurt i serek homogenizowany wykonany metodą ultrafiltracyjną oraz 4% wodny roztwór karboksymetylocelulozy (CMC) jako modelowy płyn pseudoplastyczny. Krzywe płynięcia czynników wyznaczono za pomocą wiskozymetru rotacyjnego *Rheotest-2* z zestawem cylindrów S/S1. Pomiarów próbek pobranych z króćca ssawnego i tłocznego pompy FIP 40SH firmy *Tapflo* wykonano w temperaturze 15°C. Strumień masy czynnika za pompą wynosił 1530 kg/h, co stanowi przeciętną wydajność produkcyjną zakładu mleczarskiego średniej wielkości. Dla każdego z czynników wykonano po trzy próby reologiczne w odstępie 5 minut. Na ich podstawie wyznaczono krzywe płynięcia w przedziale zmian szybkości ścinania od 1,5 do 364,5 s⁻¹ oparte o średnie wartości naprężenia stycznego określonego przy rosnącej i malejącej szybkości ścinania. Spójność struktury użytych do badań czynników oceniano na podstawie wartości ilorazu pól powierzchni znajdujących się pod II i I krzywą płynięcia (F_{II}/F_I), a stabilność struktury – wartością ilorazu pól powierzchni znajdujących się pod III i II krzywą płynięcia (F_{III}/F_{II}) [1]. Wartości pól wy-

znaczono metodą całkowania równań krzywych płynięcia w granicach zmienności szybkości ścinania.

Wyniki badań

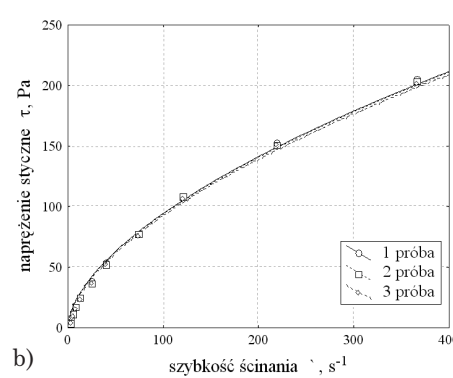
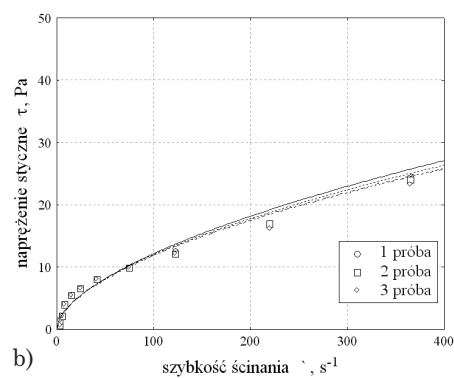
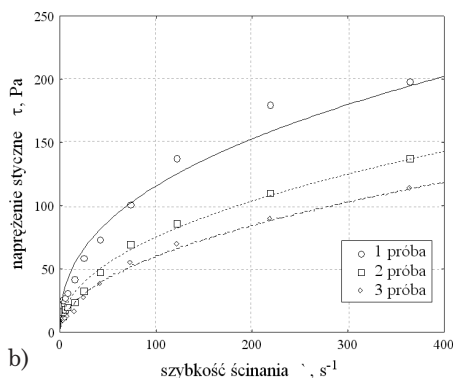
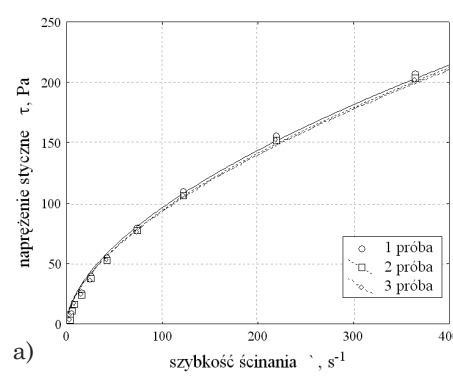
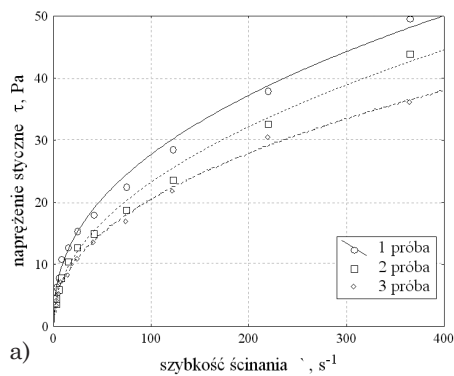
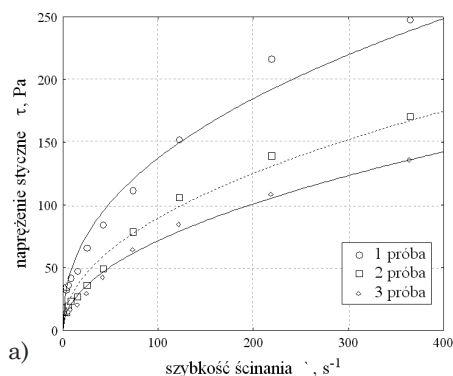
Reogramy badanych czynników (Rys. 2÷4) wskazały ich typowo pseudoplastyczny charakter. Potwierdziły to wysokie wartości współczynników korelacji *R* równań krzywych płynięcia (Tabl. 1) opisanych modelem potęgowym *Ostwald - de Waele*:

$$\tau = K \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

Największą spośród badanych czynników zwężłość struktury, odczuwalną również organoleptycznie, stwierdzono w przypadku serka homogenizowanego. Wartość informującego o tym wskaźnika konsystencji *K* serka nie pomowanego była prawie trzykrotnie większa od wartości *K* CMC i pięciokrotnie większa od *K* jogurtu. Małą podatność na płynięcie potwierdziły też relatywnie niskie wartości indeksów płynięcia *n*. Drugie i trzecie powtórzenie próby reologicznej wywołało spadek wartości *K*, przy czym był on szczególnie

Tablica 1
Wartości współczynnika konsystencji *K* i indeksu płynięcia *n* wyznaczonych napodstawie badań próbek pobranych przed i za pompą

Czynnik	Miejsce pobrania próbki	Nr próby	<i>K</i> , Pa·s ⁿ	<i>n</i>	<i>R</i>
serek homogenizowany	przed pompą	1	19,152±2,399	0,428±0,022	0,992
		2	9,762±1,084	0,482±0,019	0,996
		3	7,266±0,638	0,497±0,015	0,998
	za pompą	1	18,044±2,467	0,403±0,024	0,989
		2	8,930±0,727	0,463±0,014	0,997
		3	6,216±0,014	0,492±0,014	0,998
jogurt	przed pompą	1	3,874±0,268	0,427±0,013	0,997
		2	2,676±0,232	0,469±0,017	0,996
		3	2,618±0,140	0,447±0,010	0,998
	za pompą	1	0,851±0,150	0,578±0,147	0,993
		2	0,884±0,147	0,567±0,028	0,994
		3	0,903±0,154	0,560±0,029	0,993
CMC	przed pompą	1	6,800±0,407	0,576±0,010	0,999
		2	6,378±0,466	0,585±0,012	0,999
		3	6,291±0,480	0,586±0,013	0,999
	za pompą	1	6,470±0,437	0,582±0,011	0,999
		2	6,373±0,476	0,584±0,013	0,999
		3	6,164±0,466	0,588±0,013	0,999



Rys. 2. Krzywe płynięcia sera homogenizowanego: a) przed pompą, b) za pompą

Rys. 3. Krzywe płynięcia jogurtu: a) przed pompą, b) za pompą

Rys. 4. Krzywe płynięcia 4% roztworu CMC: a) przed pompą, b) za pompą

Tablica 2

Wyniki obliczeń spójności i stabilności struktury badanych czynników

Czynnik	Próba	Spójność	Stabilność
serek homogenizowany	przed pompą	0,665	0,802
	za pompą	0,663	0,804
jogurt	przed pompą	0,849	0,876
	za pompą	0,981	0,985
4% CMC	przed pompą	0,983	0,991
	za pompą	0,995	0,987

widoczny po pierwszym powtórzeniu, które spowodowało ponad dwukrotne zmniejszenie wartości współczynnika. Próba trzecia wywołała kolejne ok. 25% jego zmniejszenie. Krzywe płynięcia sera pompowanego wykazały w stosunku do wartości K produktu nie pompowanego około 6% spadek wartości K w pierwszej próbie reologicznej, 8,5% i 14,5% odpowiednio w drugiej i trzeciej próbie. Niemal zgodne wartości współczynników spójności i stabilności sera nie pompowanego i pompowanego pozwalają wnioskować, że jest on odporny tak na obróbkę mechaniczną wywołaną ścinaniem w reometrze jak i na oddziaływanie elastycznego wirnika pompy wirowej.

Pomiary reometryczne jogurtu [2] nie pompowanego wykazały, że wartość współczynnika K oszacowana w drugiej próbie zmniejszyła się w stosunku do K z pierwszej próby o ok. 31%, a w trzeciej tylko o ok. 2%. Ok. 10% wzrostowi uległ też indeks płynięcia. Powyższe zmiany pozwalają wnioskować, że delikatna struktura jogurtu nie pompowanego uległa reodstrukcji w początkowej fazie pomiarów reometrycznych. Wartości współczynników K i n opisujących właściwości jogurtu pompowanego już w pierwszej próbie reologicznej wykazały

gwałtowną i ogromną 78% zmianę wartości K i 35% zmianę wartości n w stosunku do jogurtu nie pompowanego z pierwszej próby reometrycznej. W kolejnych próbach zmiany były symboliczne i wynosiły ok. 2÷4%. Oznacza to, że przyczyną reodstrukcji jogurtu było pompowanie. Wysokie wartości współczynników spójności i stabilności potwierdziły małe zmiany struktury produktu nie pompowanego i pompowanego w kolejnych próbach reometrycznych. Nie dały one jednak tutaj obrazu zmian wywołanych pompowaniem, a tym bardziej ich wpływu na właściwości smakowe czy handlowe produktu.

Pomiary CMC [3] wykazały 4,7% spadek wartości K w pierwszej próbie produktu nie pompowanego i 1,5% zmianę w przypadku produktu pompowanego. Były to zmiany mało istotne w porównaniu do wyników badań sera homogenizowanego i jogurtu. Dowodzą tego też bardzo wysokie wartości spójności i stabilności struktury obliczone przy niemal stałym poziomie wartości współczynników K i n produktów nie pompowanych i pompowanych.

Wnioski

Serek homogenizowany, jogurt i 4% roztwór CMC są płynami nienewtonowskimi, wykazującymi cechy rozrzedzania ścinaniem. Użycie do ich tłoczenia pompy wirowej z elastycznym wirnikiem nie spowodowało znaczących zmian struktury sera, nie miało wpływu na właściwości 4% roztworu CMC lecz spowodowało znaczną reodstrukcję jogurtu.

LITERATURA

- H.S. Ramaswamy i in.: Canad. Agr. Eng., 37, nr 2, 109 (1994),
- T. Benezech, J.F. Maingonnat: J. Food Eng., 21, 447 (1994),
- A.A. Khalid i in.: Int. J. Food Sci. Tech., 29, 243 (1994).