

Alicja ŻBIKOWSKA, Zdzisław ŻBIKOWSKI

e-mail: [zdzislaw.zbikowski@uwm.edu.pl](mailto:zdzislaw.zbikowski@uwm.edu.pl)

Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

## Wpływ temperatury i twardości wody na stopień odtworzenia mleka z odtłuszczonego proszku mlecznego

### Wstęp

Proces odtwarzania mleka z rozpyłowego proszku mlecznego, decyduje w głównym stopniu o jego dalszej przydatności jako komponentu w wielu branżach przemysłu spożywczego. W praktyce przemysłowej uważa się, że proszek wysokiej jakości charakteryzuje się prawie całkowitą rozpuszczalnością, a więc korzystnymi cechami funkcjonalnymi oraz wysoką wartością odżywczą [1–3].

Rekonstrukcja, czyli proces ponownego uwodnienia, jest wprawdzie prosty pod względem samej procedury, jednak jest to zjawisko bardzo złożone. Czynniki decydującymi o szybkości i stopniu rozproszenia cząstek proszku mlecznego w wodzie decydują: zwilżalność, opadalność i rozpraszalność [4]. Od wartości tych parametrów zależy rozpuszczalność proszku mlecznego, mierzona stopniem rozprzestrzeniania się poszczególnych składników w wodzie oraz tworzeniu się układu jednolitego.

*Ipsen i Hansen* [5] podają, że rozpuszczalność proszku mlecznego zależy od intensywności obróbki cieplnej mleka, struktury proszku, stopnia dyspersji poszczególnych składników, tempa procesu schłodzenia oraz temperatury i twardości wody. Dlatego też celem niniejszych badań było określenie wpływu temperatury i twardości wody na stopień odtworzenia mleka z odtłuszczonego proszku mlecznego (w próbach świeżych i przechowywanych przez okres 12 miesięcy).

### Organizacja doświadczenia i metodyka badań

Materiałem do badań były próbki świeżego i przechowywanego, odtłuszczonego proszku mlecznego, wyprodukowanego w skali przemysłowej, w wytwórniach krajowych. Obejmowały one próbki odtłuszczonego proszku; aglomerowanego (I – świeżego i I\* – przechowywanego) i granulowanego (II – świeżego i II\* – przechowywanego) oraz dwie próbki świeżego odtłuszczonego proszku mlecznego (III i IV) pochodzące z dwóch różnych zakładów.

W uzyskanym materiale badawczym wykonano następujące oznaczenia: ocenę wyglądu mleka po odtworzeniu z proszku [6, 7], zwilżalność [8, 9], zwilżalności wewnętrznej [4], rozpraszalności [8] i wskaźnika nierozpuszczalności [9, 10]. Do rekonstrukcji prób proszku używano wody destylowanej, wody o twardości 16,1°N i wody o 89,5°N (z dodatkiem CaSO<sub>4</sub>) [11].

### Omówienie wyników i dyskusja

Wyniki oceny wyglądu mleka po odtworzeniu z odtłuszczonego proszku mlecznego podano wg skali duńskiej (15 pkt.), (Tab. 1). Większość świeżych prób po odtworzeniu charakteryzowała się śladową obecnością części nierozpuszczalnych, a ilość uzyskanych punktów wynosiła 13,5–14,0 co świadczy o jego bardzo dobrej jakości. Natomiast

Tab. 1. Wpływ twardości wody na wygląd mleka odtworzonego z odtłuszczonego proszku mlecznego, wg skali duńskiej 15 pkt

Woda o zróżnicowanej twardości	Proszek	Próbki proszku			
		I	II	III	IV
		Liczba punktów			
Destylowana	Świeży Przechowywany	14,0 13,0	14,0 13,5	13,5	14,0
Dość twarda (z kranu)	Świeży Przechowywany	14,0 13,0	13,5 13,5	13,5	14,0
Bardzo twarda	Świeży Przechowywany	14,0 12,5	13,5 13,0	13,5	14,0
Proszek mleczny	Świeży Przechowywany	14,0 13,0	13,5 13,0	13,5	14,0

Tab. 2. Wpływ temperatury i twardości wody na zmiany zwilżalności (s) odtłuszczonego proszku mlecznego

Woda o zróżnicowanej twardości	Temperatura °C	Próbki proszku			
		I	I*	II	II*
Destylowana	10	68	72	25	26
	20	49	53	20	21
	30	24	26	12	13
	40	19	21	11	12
	50	11	13	9	10
	60	7	8	6	8
	80	9	10	16	19
Dość twarda (z kranu)	10	73	78	31	33
	20	52	57	18	21
	30	31	34	12	13
	40	18	22	9	10
	50	12	14	9	10
	60	8	9	6	8
	80	8	9	15	16
Bardzo twarda	10	75	81	37	39
	20	54	61	32	34
	30	31	34	19	23
	40	22	26	11	15
	50	11	13	8	11
	60	9	11	8	11
	80	11	14	16	18

Tab. 2a. Wpływ temperatury i twardości wody na zmiany zwilżalności (s) odtłuszczonego proszku mlecznego

Woda o zróżnicowanej twardości	Temperatura °C	Próbki proszku			
		III	III*	IV	IV*
Destylowana	10	>180	>180	>180	112
	20	>180	>180	66	73
	30	>180	>180	41	45
	40	>180	>180	29	31
	50	88	91	20	22
	60	57	62	14	16
	70	32	38	12	13
	80	29	33	15	18
Dość twarda (z kranu)	10	>180	>180	>180	>180
	20	>180	>180	71	76
	30	>180	>180	41	45
	40	>180	>180	33	36
	50	88	90	22	25
	60	58	63	21	24
	70	34	40	16	19
	80	31	35	16	19

nico gorszymi cechami charakteryzowały się próby przechowywane, a szczególnie odtworzone w wodzie bardzo twardej.

Zwilżalność analizowanych prób odtłuszczonego proszku mlecznego była bardzo zróżnicowana i w większym stopniu zależała od temperatu-

ry niż twardości wody (Tab. 2). Dla przykładu wartości te w aglomerowanym proszku odtłuszczonym (I), w temp. 20°C, 40°C i 60°C wynosiły odpowiednio 49 s, 19 s i 7 s, w granulowanym proszku odtłuszczonym (II) 20 s, 11 s i 6 s, a w tradycyjnym proszku odtłuszczonym (III) >180 s, >180 s i 57 s. Najlepszą zwilżalność wykazywał proszek w przedziale temp. 50–70°C. Wartości te są zbliżone z wynikami badań innych autorów, którzy stwierdzili, że najbardziej optymalne odtwarzanie mleka z proszku zachodzi w temp. 55–65°C [12]. W czasie przechowywania próbek stwierdzono nieznaczne pogorszenie zwilżalności i zwilżalności wewnętrznej, szczególnie przy zastosowaniu wody bardzo twardej (Tab. 2, 2a i 3). Dla przykładu zwilżalność wewnętrzna aglomerowanego proszku odtłuszczonego (I) przy zastosowaniu wody destylowanej wynosiła 1,87 g proszku /g wody, a wody bardzo twardej 1,58 g proszku /g wody. Natomiast wartości te w tradycyjnym proszku odtłuszczonym (III) kształtowały się odpowiednio 0,75 g proszku /g wody i 0,62 g proszku /g wody.

Tab. 3. Wpływ twardości wody na zmiany zwilżalności wewnętrznej odtłuszczonego proszku mlecznego (g proszku/g wody)

Woda o zróżnicowanej twardości	Proszek	Próbki proszku			
		I	II	III	IV
Destylowana	Świeży Przechowywany	1,87 1,61	1,61 1,48	0,75	1,25
Dość twarda (z kranu)	Świeży Przechowywany	1,77 1,62	1,54 1,48	0,66	1,18
Bardzo twarda	Świeży Przechowywany	1,58 1,49	1,50 1,39	0,62	1,03

Podobne tendencje zmian stwierdzono również w odniesieniu do rozpraszalności proszku. Najkorzystniejsze wyniki tej cechy proszku uzyskano przy zastosowaniu wody o temperaturze 50–70°C (Tab. 4).

Tab. 4. Wpływ temperatury i twardości wody na zmiany rozpraszalności (%) odtłuszczonego proszku mlecznego

Woda o zróżnicowanej twardości	Temperatura °C	Próbki proszku					
		I	I*	II	II*	III	IV
Destylowana	10	86,85	83,17	88,12	84,94	70,48	71,97
	20	91,71	85,56	89,72	85,19	72,81	73,82
	30	93,14	86,18	93,19	88,44	81,78	82,99
	40	97,27	87,42	96,13	90,17	84,12	85,69
	50	97,38	90,11	96,92	92,11	85,28	86,18
	60	97,82	91,74	97,19	93,19	85,37	86,45
	70	98,31	90,92	96,93	94,18	84,96	86,02
	80	89,33	87,78	89,39	85,81	80,92	81,82
Dość twarda (z kranu)	10	86,74	83,02	88,00	84,69	70,36	71,78
	20	91,62	85,12	89,19	85,00	72,44	73,68
	30	93,03	86,84	92,88	87,68	80,74	82,74
	40	96,93	89,19	95,75	88,18	84,01	85,00
	50	96,98	90,29	96,11	91,44	85,06	85,62
	60	97,50	91,82	96,88	92,10	85,11	85,96
	70	97,01	90,64	96,71	93,84	84,74	82,47
	80	88,27	87,61	85,52	82,81	80,11	81,74
Bardzo twarda	10	85,92	82,13	87,24	83,46	69,81	71,42
	20	88,17	84,19	88,48	84,18	71,82	73,26
	30	90,38	89,49	91,38	87,02	80,00	82,47
	40	95,47	89,18	94,02	87,48	82,14	84,11
	50	95,87	89,74	94,88	90,41	83,84	84,49
	60	96,04	90,28	95,15	90,65	83,96	84,68
	70	96,62	89,86	95,24	91,28	82,74	81,74
	80	86,41	85,98	83,58	80,68	79,14	80,16

Wartości te w aglomerowanym proszku mlecznym (I), przy zastosowaniu wody destylowanej o temperaturze 50–70°C wynosiły 97,38–98,31%, granulowanego proszku odtłuszczonego (II) 96,92–97,19%, a w proszku tradycyjnym (III) 84,96–85,37%. Nie stwierdzono znaczących różnic w rozpraszalności proszku, przy zastosowaniu wody destylowanej i z kranu.

Tab. 5. Wpływ temperatury i twardości wody na zmiany wskaźnika nierozpuszczalności (mL) odtłuszczonego proszku mlecznego

Woda o zróżnicowanej twardości	Temperatura °C	Próbki proszku			
		I	I*	II	II*
Destylowana	10	0,2	0,2	0,2	0,2
	20	0,1	0,1	0,12	0,12
	30	0,1	0,1	0,1	0,12
	40	<0,1	0,1	0,12	0,16
	50	<0,1	<0,1	0,1	0,1
	60	<0,1	<0,1	0,1	0,12
	70	0,1	0,1	0,1	0,16
	80	0,14	0,18	0,15	0,2
Dość twarda (z kranu)	10	0,2	0,2	0,2	0,2
	20	0,1	0,1	0,15	0,15
	30	0,1	0,1	0,12	0,16
	40	<0,1	0,1	0,13	0,18
	50	<0,1	<0,1	0,1	0,1
	60	<0,1	0,1	0,1	0,12
	70	<0,1	0,1	0,12	0,17
	80	0,14	0,18	0,16	0,2
Bardzo twarda	10	0,2	0,2	0,2	0,2
	20	0,1	0,1	0,2	0,2
	30	0,1	0,1	0,2	0,2
	40	0,1	0,1	0,15	0,21
	50	0,1	0,1	0,1	0,12
	60	<0,1	0,1	0,1	0,14
	70	0,1	0,2	0,14	0,2
	80	0,15	0,2	0,2	0,22

Tab. 5a. Wpływ temperatury i twardości wody na zmiany wskaźnika nierozpuszczalności (mL) odtłuszczonego proszku mlecznego

Woda o zróżnicowanej twardości	Temperatura °C	Próbki proszku	
		III	IV
Destylowana	10	0,2	0,2
	20	0,2	0,2
	30	0,15	0,12
	40	0,15	0,12
	50	0,15	0,15
	60	0,15	0,15
	70	0,18	0,17
	80	0,2	0,2
Dość twarda (z kranu)	10	0,2	0,2
	20	0,2	0,2
	30	0,15	0,12
	40	0,15	0,12
	50	0,15	0,14
	60	0,15	0,14
	70	0,19	0,18
	80	0,2	0,2
Bardzo twarda	10	0,2	0,2
	20	0,2	0,2
	30	0,15	0,15
	40	0,15	0,15
	50	0,15	0,17
	60	0,16	0,18
	70	0,2	0,2
	80	0,22	0,21

Natomiast nieco niższe wartości uzyskano przy zastosowaniu wody bardzo twardej. Dla przykładu rozpraszalność prób proszku mlecznego aglomerowanego (I), w temp. 20°C i 60°C, przy zastosowaniu wody destylowanej i bardzo twardej wynosiła odpowiednio 91,71% i 97,82% oraz 88,17% i 96,04% (Tab. 4). W takim samym układzie oznaczano również wskaźnik nierozpuszczalności.

W większości prób najlepszą rozpuszczalnością charakteryzował się proszek w zakresie temperatur rekonstrukcji 40–60°C (przy ilości osadu około <0,1–0,18 mL) (Tab. 5 i 5a). W czasie przechowywania prób proszku stwierdzono niewielkie zmiany wskaźnika nierozpuszczalności.

### Podsumowanie i wnioski

Uzyskane wyniki wskazują, że ważniejszym czynnikiem wpływającym na odtwarzalność mleka z odtłuszczonego proszku mlecznego jest temperatura niż twardość wody.

W badaniach stwierdzono wpływ czasu przechowywania odtłuszczonego proszku mlecznego na zmiany cech funkcjonalnych, tj. zwilżalności, zwilżalności wewnętrznej rozpraszalności, i indeksu nierozpuszczalności.

W ocenie cech jakościowych odtłuszczonego proszku mlecznego przyjęto, że dobrej jakości proszek aglomerowany i granulowany powinien charakteryzować się czasem zwilżania nie dłuższym niż 30 s

w temp. 20°C, a proszek wyprodukowany metodą tradycyjną czasem nie dłuższym niż 180 s w temp. 40°C. Natomiast rozpraszalność w obydwu przypadkach nie powinna być niższa niż 90%.

### LITERATURA

- [1] A. Baldwin, et al.: Statens Forsogsmejeri, Hillerød, Denmark, beretning 251 (1982).
- [2] E. Pijanowski: Zarys chemii i technologii mleczarstwa. WR i L, Warszawa, (1980).
- [3] A. Żbikowska, et al.: Pol. J. Food Nutr. Sci., 15/56. nr SI 1, 253 (2006).
- [4] A. Kreveld: Neth. Milk Dairy J., 28, nr 1, 23 (1974).
- [5] R. Ipsen, P. Hansen: Statens Forsogsmejeri, Hillerød, Denmark, beretning 274 (1988).
- [6] G. Jensen, P. Hansen: Statens Forsogsmejeri, Hillerød, Denmark, beretning 202 (1973).
- [7] M. Krelowska-Kulas: Badanie jakości produktów spożywczych. PWE W-wa (1993).
- [8] H. Sørensen, et al.: A/S Niro Atomizer, Copenhagen, Denmark, (1978).
- [9] IDF-Standard: 129 (ISO 8156), Determination of insolubility index (2005).
- [10] PN-92/A-86024: Mleko w proszku.
- [11] T. Drapala, A. Kozakiewicz: Ćwiczenia z chemii ogólnej. SGGW-AR Warszawa (1990).
- [12] D. Lascelles, A. Baldwin: New Zealand J. Dairy Sci. Technol., 11, nr 3, 283 (1976).
- [13] F. Celestino, et al.: Inter. Dairy J., 7, nr 2, 119 (1997).