

ANNA FLOROWSKA, ANNA BUDYTA, KRZYSZTOF KRYGIER

POWSTAWANIE I WŁAŚCIWOŚCI ŻELI INULINOWYCH

Streszczenie

Celem pracy było określenie warunków powstawania żeli inulinowych oraz zbadanie ich właściwości, na przykładzie preparatu FRUTAFIT TEX.

Zbadano żelotwórcze właściwości inuliny w zależności od: jej stężenia w roztworach wodnych, temperatury (40–90°C) wody stosowanej do rozpuszczania preparatu inulinowego, pH roztworów w zakresie 3–8 oraz stężeń NaCl w zakresie 1–3%. W pracy wyznaczono stopień wytwarzania żelu za pomocą indeksu żelowania VGI, zbadano twardość uzyskanych żeli oraz określono stopień ich odwracalności i temperaturę topnienia.

Stwierdzono, że zdolność żelowania była statystycznie istotnie uzależniona od temperatury rozpuszczania oraz stężenia inuliny. Z roztworów o niskich stężeniach preparatu (poniżej 15%) nie wytwarzały się struktury żelowe. Z kolei podwyższenie temp. rozpuszczania do 80°C, przy 15% stężeniu inuliny w roztworze, skutkowało wyraźnym zmniejszeniem zdolności żelotwórczych (VGI = 93,2%), a rozpuszczanie preparatu w temp. 90°C całkowicie uniemożliwiało powstanie żelu (VGI = 0%) po ostudzeniu zolu. Statystycznie istotny był wpływ pH rozpuszczalnika na proces formowania żeli inulinowych. Najslabiej żele tworzyły się w środowisku kwaśnym (pH 3–4). W tych warunkach, do wytworzenia żelu konieczne było stężenie powyżej 20% preparatu. Również dodatek NaCl istotnie wpłynął na właściwości żelotwórcze inuliny. Twardość żeli inulinowych zależała od stężenia użytej inuliny. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu dodatku NaCl na twardość uzyskanych żeli. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono ponadto, że inulina może być stosowana jako zamiennik tłuszczu w nieklarownych produktach spożywczych o pH powyżej 5.

Słowa kluczowe: inulina, właściwości teksturotwórcze, żelowanie

Wprowadzenie

Produkty wykazujące udokumentowany korzystny wpływ na zdrowie człowieka ponad ten, który wynika z obecności w nich składników odżywczych, tradycyjnie uznawanych za niezbędne, nazywa się żywnością funkcjonalną [9]. Jedną z możliwości tworzenia takiej żywności jest suplementacja składnikami o działaniu prozdrowotnym. Do prozdrowotnych składników należy m.in. inulina, polidispersyjny fruktan, który

Mgr inż. A. Florowska, mgr inż. A. Budyta, prof. dr hab. K. Krygier, Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, Katedra Technologii Żywności, SGGW, ul. Nowoursynowska 159c, 02-787 Warszawa, florowska@alpha.sggw.waw.pl

dzięki swojej budowie nie ulega trawieniu w górnej części układu pokarmowego człowieka, a hydrolizowany jest pod wpływem mikroflory jelitowej w okrężnicy [12]. Z tego względu jest klasyfikowany jako rozpuszczalna frakcja błonnika pokarmowego. Jako składnik żywności przyczynia się do wzrostu korzystnych dla organizmu człowieka bakterii probiotycznych, hamujących wzrost patogenów. Dodatkowo inulina zwiększa biodostępność niektórych składników mineralnych, w tym wapnia, a jej dłuższe spożywanie wpływa na obniżenie poziomu cholesterolu we krwi [10].

Dodatek inuliny do produktów spożywczych może przynosić również korzyści technologiczne. Wodny roztwór tworzy bowiem gęsty żel, który może być wykorzystywany jako niskokaloryczny substytut tłuszczu, poprawiając jednocześnie konsystencję i walory smakowe produktu. Obecnie na świecie dodatek inuliny stosowany jest do produkcji takich wyrobów, jak: jogurty i napoje mleczne, serki i desery mleczne, pianki, lody, margaryny, czekolada oraz pieczywo i ciasta zarówno w celu wzbogacenia produktów w składniki prozdrowotne, jak i polepszenia struktury wyrobu [3]. W Polsce inulina na skalę przemysłową jest stosowana jako czynnik prebiotyczny w nielicznych fermentowanych produktach mlecznych.

Inulina po rozpuszczeniu i ogrzaniu bądź zastosowaniu siły ścinającej tworzy żele. Ich struktura krystaliczna oraz właściwości zależą od wielu czynników, wśród których należy wymienić: stopień polimeryzacji inuliny, jej stężenie w roztworze, stosowaną temperaturę a także warunki schładzania i nukleacji [2]. Jak wskazują badania inuliny *Raftaline HP* z firmy Orafiti, przeprowadzone przez Kima i wsp. [7], zdolność tworzenia żelu przez inulinę zależy od jej stężenia w roztworze, temperatury rozpuszczania i pH środowiska. Czynniki te mają również wpływ na jakość otrzymanych żeli.

Celem podjętych badań było scharakteryzowanie warunków powstawania i właściwości żeli inulinowych. W pracy podjęto również próbę określenia wpływu czynników środowiska, takich jak: temperatura wody stosowanej do rozpuszczania (40–90°C), stężenie jonów wodorowych (pH 3–8) oraz stężenie NaCl (0–3%) na właściwości żelujące inuliny, na przykładzie preparatu Frutafit TEX.

Materiał i metody badań

W badaniach zastosowano preparat handlowy inuliny Frutafit TEX firmy SENSUS o parametrach: s.m. 95%, zawartość węglowodanów w suchej masie – 99,0% w tym: inulina o stopniu polimeryzacji > 5–99,0%, inulina o stopniu polimeryzacji od 3 do 4–0,5%, mono i disacharydy – 0,5%.

Żele przygotowywano w następujący sposób – inulinę w ilościach odpowiadających stężeniom 15, 20, 25 i 30% rozpuszczano w następujących roztworach:

- do badania wpływu temperatury na jakość żeli – w wodzie o temp. 40–90°C,

- do badania wpływu pH na jakość żeli – w roztworach o pH 3–8 (do obniżania pH stosowano kwas octowy, a do podwyższania wodorotlenek sodu),
- do badania wpływu NaCl na jakość żeli – w roztworach wodnych soli o stężeniach 0–3%.

Otrzymane w ten sposób zole pozostawiano na 24 h w temp. 20°C w celu wytworzenia żelu.

W żelach oznaczano:

- Indeks żelowania VGI [7] – metoda pomiaru polega na określeniu stopnia wytworzenia się żelu poprzez wyznaczenie stosunku wysokości powstałego żelu (V_G) do całkowitej wysokości próbki (V_T).
- Twardość żeli przy użyciu teksturometru TA.XT 2i [4, 5] – badano maksymalną siłę potrzebną do zniszczenia próbki testem penetracji przy zastosowaniu końcówki cylindrycznej o średnicy 25 mm, której prędkość przesuwu wynosiła 1 mm/s, a głębokość penetracji 3 mm. Do pomiarów przygotowano próbki o jednakowej masie 50 g. Pracę potrzebną do zniszczenia struktury próbki obliczano jako pole pod wykresem siły [N] od czasu [s], w którym próbka ulegała zniszczeniu (program Table Curve 20 v 5.01).

W celu porównania tekstury uzyskanych żeli inulinowych z produktami tłuszczowymi dostępnymi w sklepach wykonano badanie siły penetracji sera topionego, margaryny kubkowej i kostkowej oraz smalcu. Do pomiarów przygotowano próbki o jednakowej masie 50 g.

- Odwracalność termiczną żeli [6] – zasada oznaczania polegała na obserwacji zachowania się próbki żelu poddanego działaniu temp. 50 i 90°C przez 30 min. Określano upłynnianie się żelu oraz stopień jego odtworzenia.
- Temperaturę topnienia żeli [1] – oznaczano temperaturę, w której jednocentymetrowy słup wody spowoduje przesunięcie do góry koreczków żelowych. W celu wykonania oznaczenia przygotowano po 25 ml zoli w zlewce o pojemności 100 ml, do której następnie wstawiono zamocowane w statywie kapilary o średnicy wewnętrznej 6 mm i długości 810 mm. Próbki pozostawiono do zastygnięcia na 24 h w temp 20°C w celu wytworzenia żeli. Po upływie tego czasu oddzielano kapilary z koreczkami żeli od reszty żelu i umieszczano je w zlewce z wodą. Zlewkę z wodą podgrzewano na łaźni wodnej (1°C na 1 min.) obserwując koreczki żelowe. Za temperaturę topnienia żeli uznawano taką, przy której ciśnienie wody wypychało koreczki ku górze kapilary.

Uzyskane w części doświadczalnej wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą programu Statgraphic Plus. Zastosowano jednoczynnikową oraz dwuczynnikową analizę wariancji.

Wyniki i dyskusja

Badanie wpływu czynników środowiska na formowanie się żeli inulinowych

Dzięki zdolnościom do formowania żeli wiele węglowodanów, w tym inulina, znajduje zastosowanie w technologii żywności jako substytut tłuszczu lub cukru [7]. Proces żelowania inuliny połączony jest ze zmianą barwy i klarowności roztworów z przezroczystego na mleczno-biały żel. Zjawisko to może ograniczać zastosowanie inuliny w produktach klarownych, jednak może być postrzegane jako pozytywna cecha w produktach, w których barwa biała występuje naturalnie, na przykład w produktach mlecznych.

Badając wpływ zastosowanych roztworów na właściwości żelotwórcze inuliny wykorzystano jeden z dwóch sposobów otrzymywania żeli, polegający na ogrzewaniu i ochładzaniu roztworu inuliny. Inny sposób związany jest z zastosowaniem siły ścinającej, czyli mechanicznym indukowaniem żelowania [7]. Jednak, jak stwierdzono w pracy, żele otrzymane drugim sposobem charakteryzowały się niespójną, piaszczystą i bardzo nietrwałą strukturą. Ich zastosowanie w przemyśle spożywczym może być tym samym ograniczone.

T a b e l a 1

Wybrane indeksy żelowania VGI [%] zoli inulinowych w zależności od temperatury rozpuszczania preparatu inulinowego.
Selected indexes VGI [%] of gelling inulin sols depending on a temperature at which the inulin preparation dissolves.

Temperatura Temperature [°C]	Stężenie inuliny / Inulin concentration [%]				
	10	15	20	25	30
70	73,0	100,0	88,6	-	-
80	18,0	93,2	100,0	95,0	-
90	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0

Oceniając wpływ temperatury rozpuszczania preparatu na proces żelowania wykazano, że zdolność żelowania była statystycznie istotnie ($\alpha=0,05$) uzależniona od temperatury oraz stężenia inuliny (tab. 1). Roztwory o niskich stężeniach inuliny (poniżej 15%) nie wytwarzały struktur żelowych. Może to być związane ze zbyt małą ilością cząsteczek tego polimeru, aby mogły wytworzyć układ przestrzenny [7]. Według Kima i wsp. [7], najmniejsze stężenie inuliny potrzebne do wytworzenia żelu wynosi 10% w temp. jej rozpuszczania wynoszącej 70°C. Przy większych stężeniach inuliny zauważalny był wpływ temperatury rozpuszczania na proces formowania się żelu. Podwyższenie tej temp. do 80°C przy 15% stężeniu inuliny w roztworze skutkowało wyraźnym zmniejszeniem zdolności żelotwórczych (VG I = 93,2%), a rozpuszczanie preparatu Frutafit TEX w temp. 90°C całkowicie uniemożliwiało

powstanie żelu (VGI = 0%). Zjawisko to może być związane z niszczeniem wiązań w cząsteczce inuliny odpowiedzialnych za wytwarzanie struktur żelowych. Podobne zależności wpływu stężenia inuliny oraz zastosowanej temperatury rozpuszczania na zdolność tworzenia żelu inulinowego stwierdzili Kim i wsp. [7].

Tabela 2

Wybrane indeksy żelowania VGI [%] zoli inulinowych otrzymanych z roztworów o pH 3–8.

Selected indexes VGI [%] of gellating inulin sols obtained from solutions with pH values ranging between 3 and 8.

pH	Stężenie inuliny / Inulin concentration [%]			
	15	20	25	30
3	70,2	90,8	100,0	100,0
4	80,8	92,6	100,0	100,0
5	90,2	100,0	100,0	100,0
6	93,8	100,0	100,0	100,0
7	94,0	100,0	100,0	100,0
8	98,0	100,0	100,0	100,0

Wpływ pH rozpuszczalnika na proces formowania się żeli, wyrażony indeksem VGI, okazał się istotnie statystyczny ($\alpha = 0,05$) w zastosowanym zakresie (pH 3–8) (tab. 2). Zaobserwowano jednocześnie, że wpływ tego czynnika zmniejszał się ze wzrostem stężenia inuliny. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż żele z udziałem inuliny najslabiej tworzyły się przy pH 3 i 4, co może wskazywać na ograniczone zastosowanie tego składnika w produktach kwaśnych. W tych przypadkach należało zwiększyć stężenie inuliny do poziomu powyżej 20%.

Tabela 3

Wybrane indeksy żelowania VGI [%] zoli inulinowych otrzymanych z różnych roztworów o stężeniu NaCl 1–3%.

Selected indexes VGI [%] of gellating inulin sols obtained from various solutions of NaCl-concentration values from 1 to 3%.

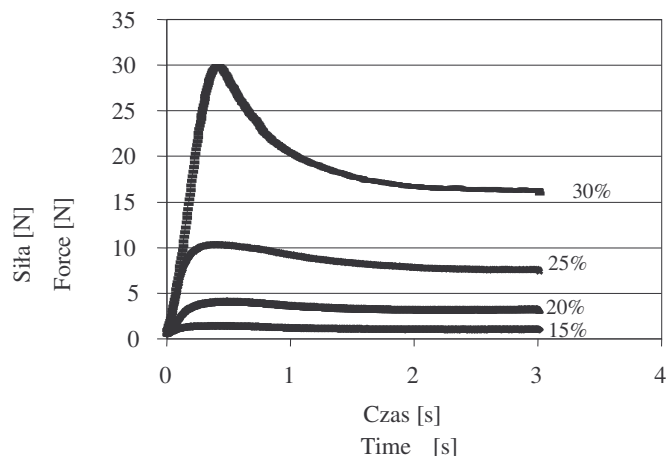
Stężenie NaCl Concentration of NaCl [%]	Stężenie inuliny / Inulin concentration [%]			
	15	20	25	30
0	93,2	100,0	100,0	100,0
1	96,7	100,0	100,0	100,0
2	100,0	100,0	100,0	100,0
3	100,0	100,0	100,0	100,0

W badaniach wpływu stężenia soli kuchennej w zakresie 1–3% na zdolność tworzenia się żeli inulinowych wykazano, że dodatek NaCl statystycznie istotnie ($\alpha=0,05$) wpłynął na właściwości żelotwórcze inuliny. Nawet przy niskich stężeniach

inuliny (15%) niewielki dodatek soli (1%) znacznie polepszał te właściwości (tab. 3). Pozytywny wpływ NaCl na właściwości żelotwórcze inuliny wskazuje, że w przemyśle spożywczym powinno się stosować inulinę jako dodatek technologiczny szczególnie w produktach, do których dodawane jest nawet niewielka ilość chlorku sodu.

Badanie twardości żeli inulinowych

Wyniki badań wpływu stężenia inuliny w roztworach na twardość otrzymanych żeli przedstawiono na rys. 1. Stwierdzono, że dodatek inuliny statystycznie istotnie ($\alpha = 0,05$) determinował twardość uzyskiwanych żeli. Ze wzrostem stężenia inuliny w roztworze, a zatem ze wzrostem koncentracji cząsteczek inuliny obserwowano wzrost twardości żeli.



Rys.1. Wpływ stężenia inuliny na twardość żeli.

Fig. 1. The effect of inulin concentration on the gel hardness.

Maksymalna siła penetracji żelu o zawartości 15% inuliny wynosiła 0,899 N, a w przypadku 30% żelu była ona ponad 30-krotnie większa (31,895 N). Badania przeprowadzone przez Kima i wsp. [7] potwierdzają, że siła potrzebna do zniszczenia żelu inulinowego jest funkcją stężenia inuliny w roztworze.

Do zbadania wpływu czynników środowiska (temperatura, pH, stężenie NaCl) na twardość otrzymanych żeli wybrano te stężenia inuliny i wartości temperatury rozpuszczania, w przypadku których uzyskano indeksy żelowania (VGI) świadczące o wytworzeniu się struktury żelowej.

Wobec powyższego, w celu określenia wpływu temperatury na twardość żeli inulinowych zbadano po dwie próby o danym stężeniu przygotowane w dwóch wartościach temperatury rozpuszczania (tab. 4). Z przeprowadzonej analizy statystycznej wynika, że twardość żeli inulinowych w sposób statystycznie istotny (α

= 0,05) była zależna od stosowanej temperatury rozpuszczania preparatu Frutafit TEX.

Tabela 4

Wpływ stężenia inuliny i temperatury przygotowania zolu na siłę penetracji [N] oraz pracę [mJ] potrzebną do zniszczenia struktury żeli inulinowych.

Effect of the inulin concentration and temperature applied while preparing sols on the hardness [N] and work [mJ] required to destruct [mJ] structure of inulin gels.

Stężenie inuliny w żelu Concentration of inulin in gels [%]	Temperatura przygotowania zolu Temperature applied to prepare sols [°C]	Siła penetracji Hardness [N]	Praca Work [mJ]	Porównanie Comparison			
				Produkt spożywczy Food product	Siła Hardness [N]		
15	65	0,89	2,13	Serek topiony Processed cheese	5,60		
	70	1,72	4,24				
20	75	5,90	6,74			Margaryna kubkowa Margarine in carton	2,68
	80	2,12	4,85			Margaryna kostkowa Slab of margarine	16,71
25	80	12,87	40,59			Smalec Lard	14,54
	85	8,74	20,02				
30	85	43,74	87,14				
	90	31,89	68,50				

Na tej podstawie można wnioskować, że stosowanie inuliny jako dodatku teksturotwórczego w przemyśle spożywczym wymaga doboru parametrów procesu technologicznego, uwzględniających ich wpływ na proces żelowania inuliny. W tab. 4. podano dodatkowo wartości sił penetracji wybranych produktów spożywczych.

Porównując otrzymane wyniki wartości sił penetracji żeli inulinowych i tych produktów można stwierdzić, że badane żele charakteryzowały się podobną twardością. Wpływ temperatury na siłę żelowania odnotowali również Kim i wsp. [7], stwierdzając dodatkowo, że przy niskich stężeniach inuliny siła potrzebna do zniszczenia struktury żelu rośnie wraz ze wzrostem temperatury rozpuszczania preparatu, podczas gdy przy stężeniach powyżej 20% zachodzi zjawisko odwrotne.

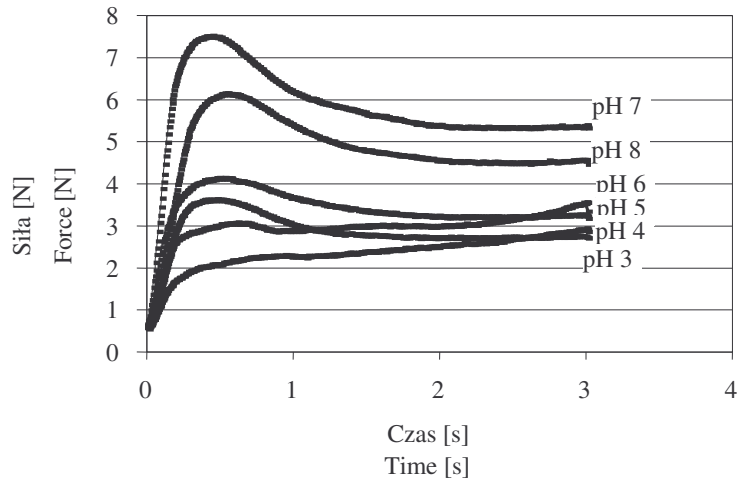
Tabela 5

Wpływ pH roztworu na siłę penetracji [N] oraz pracę [mJ] potrzebną do zniszczenia struktury żeli inulinowych.

Effect of pH values on hardness [N] and work [mJ] required to destruct the structure of inulin gels.

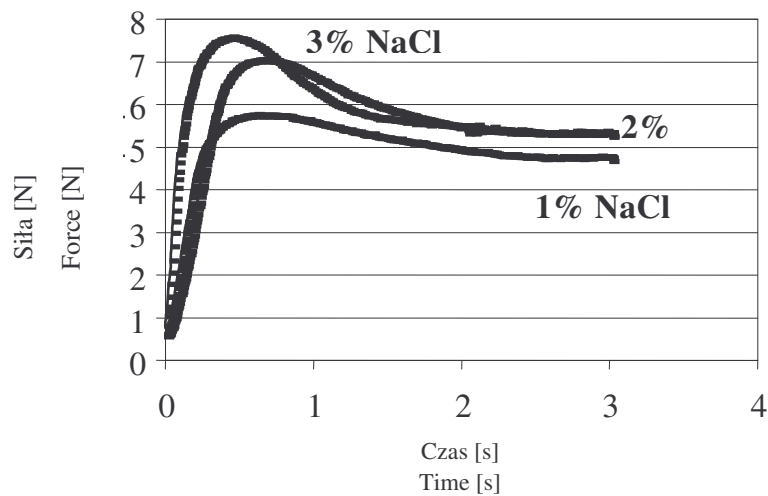
Stężenie inuliny w żelu Concentration of inulin in gels [%]	pH rozpuszczalnika pH of solvent	Siła penetracji Hardness [N]	Praca Work [mJ]
15	3	1,11	2,72
	4	1,15	2,96
	5	1,21	2,95
	6	1,55	3,63
	7	1,97	3,37
	8	1,40	3,37
20	3	2,76	7,43
	4	3,59	8,42
	5	3,70	8,37
	6	4,23	10,55
	7	7,43	17,10
	8	6,22	14,86
25	3	10,52	25,12
	4	14,20	32,98
	5	15,65	34,98
	6	16,31	36,54
	7	23,16	48,06
	8	16,01	35,13
30	3	24,78	55,90
	4	28,10	52,97
	5	32,65	69,81
	6	35,73	67,51
	7	53,91	99,32
	8	37,61	80,09

W celu scharakteryzowania wpływu pH na twardość żeli inulinowych przygotowano roztwory o pH w zakresie 3–8, który odpowiada kwasowości czynnej dużej grupy produktów żywnościowych [8]. Na rys. 2. przedstawiono zależność siły penetracji [N] żelu o 20% zawartości inuliny od czasu [s] potrzebnego do zniszczenia struktury próbki. Próby przygotowano w roztworach o różnej kwasowości. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że siła potrzebna do zniszczenia struktury żelu była statystycznie istotnie ($\alpha = 0,05$) uzależniona od zastosowanego pH. Wraz ze wzrostem kwasowości roztworów zmniejszała się twardość żeli inulinowych (tab. 5). Otrzymane wyniki potwierdzają również dane uzyskane z badań inuliny Raftaline HP [7].



Rys. 2. Wpływ pH roztworu na twardość żeli inulinowych (stężenie inuliny 20%).

Fig. 2. The effect of the pH value of the solvent on the hardness of inulin gel (inulin concentration = 20%).



Rys. 3. Wpływ stężenia roztworu chlorku sodu na twardość żeli inulinowych (stężenie inuliny 20%).

Fig. 3. The effect of the NaCl concentration in solvent on the hardness of inulin gel (inulin concentration = 20%).

Na rys. 3. przedstawiono wpływ stężenia NaCl w zakresie 0–3% na proces penetracji żeli inulinowych o stężeniu 20%. Przeprowadzone badania wskazują, że siła potrzebna do zniszczenia struktury żeli nie zależała statystycznie istotnie ($\alpha = 0,05$) od zastosowanego stężenia NaCl. Zaobserwowano jednak, że sam dodatek NaCl powoduje wzrost twardości otrzymanych żeli (tab. 6). W celu poprawy właściwości teksturotwórczych inuliny można ją zatem stosować w produktach spożywczych wraz z dodatkiem soli.

Tabela 6

Wpływ stężenia roztworu chlorku sodu na siłę penetracji [N] oraz pracę [mJ] potrzebną do zniszczenia struktury żeli inulinowych.

Effect of the concentration of NaCl solution on hardness [N] and work [mJ] required to destruct the structure of inulin gels.

Stężenie inuliny w żelu Concentration of inulin in gels [%]	Stężenie NaCl w rozpuszczalniku Concentration of NaCl in solvent [%]	Siła penetracji Hardness [N]	Praca / Work [mJ]
15	0	0,89	2,13
	1	1,38	3,53
	2	2,18	5,24
	3	1,98	5,02
20	0	5,90	6,74
	1	5,78	14,73
	2	7,01	17,09
	3	7,76	17,78
25	0	12,87	40,59
	1	16,40	35,86
	2	16,17	37,16
	3	22,14	46,05
30	0	31,89	68,50
	1	39,58	79,00
	2	45,70	88,80
	3	43,61	102,20

Oznaczanie odwracalności termicznej żeli

W ocenie odwracalności termicznej żeli inulinowych wykazano, iż żele po upłynięciu w temp. 50 i 90°C ulegają całkowitej odbudowie. Na powierzchni odtworzonych żeli nie obserwowano warstwy wody niezwiązanej.

Oznaczanie temperatury topnienia żeli

Temperatura topnienia żeli inulinowych wzrastała ze wzrostem stężenia preparatu (tab. 7). Można przypuszczać, że zależy to od stopnia koncentracji łańcuchów inulinowych w strukturze żelu. Jak podaje Sensus [11], wraz ze wzrostem stężenia inuliny w żelu wzrasta spójność struktury powstałego żelu oraz temperatura jego topnienia.

Tabela 7

Temperatura topnienia żeli o różnej zawartości inuliny.

Melting temperature of inulin gels containing different amounts of inulin.

Zawartość inuliny Concentration of inulin [%]	Średnia temperatura topnienia Melting temperature [°C]
15	54,6
20	64,2
25	67,8
30	76,8
35	81,6

Wnioski

1. Na proces formowania żeli przez inulinę mają wpływ takie czynniki, jak: stężenie preparatu w roztworze, temperatura przygotowywania zoli oraz użyty rozpuszczalnik (woda, roztwór o pH 3–8 oraz roztwór NaCl 1–3%).
2. Na twardość żeli inulinowych, wyrażoną jako siła penetracji, mają wpływ takie czynniki, jak: stężenie inuliny, temperatura rozpuszczania preparatu, pH środowiska (w zakresie 3–8). Nie stwierdzono natomiast wpływu dodatku NaCl (w zakresie 0–3%) na twardość badanych żeli inulinowych.
3. Żele inulinowe są odwracalne termicznie, po upłynnieniu następuje odbudowa ich struktury.
4. Inulina może być stosowana jako zamiennik tłuszczu w nieklarownych produktach spożywczych o pH powyżej 5. Stwierdzono także, że właściwości teksturotwórcze inuliny poprawia dodatek NaCl w ilości od 1%.

Literatura

- [1] Bałtruszko M.: Ocena metod badania właściwości żelujących hydrokoloidów. Praca magisterska. SGGW, Wydział Żywnienia Człowieka, Warszawa 1989.
- [2] Hebette C., Delcour J., Koch M., Booten K., Kleppinger R., Mischenko N., Reynaers H.: Complex melting of semi-crystalline chicory (*Cichorium intybus* L.) root inulin. Carbohydr. Res., 1998, **310**, 65-75.
- [3] Hortimex: Aktywny styl życia, materiały informacyjne. Wyd. Hortimex, Konin 2003.
- [4] Instrukcja aparatu: TA.XT2i, 2003.
- [5] Jaworska D., Świdorski F., Janicki A.: Ocena tekstury tłuszczów do smarowania pieczywa przy użyciu analizatora tekstury TA.XT2i. Przem. Spoż., 2003, **7**, 17-19.
- [6] Kapłan H.: Porównanie właściwości żelujących różnych hydrokoloidów. Praca magisterska. SGGW, Wydział Żywnienia Człowieka, 1987.
- [7] Kim Y., Faqih M.N., Wang S.S.: Factors affecting gel formation of inulin. Carbohydr. Polym., 2001, **46**, 135-145.
- [8] Pijanowski E., Dłużewski M., Dłużewska A., Jarczyk A: Ogólna technologia żywności. WNT. Warszawa 1996.
- [9] Pszczoła D.: Designer food an evolving concept. Food Tech., 1999, **62**, 92.
- [10] Roberfroid M. B.: Concepts in functional foods: The case of inulin and oligofructose. J. Nutr., 1999, **129**, 1398-1401.

- [11] Sensus : Nowy produkt z inuliną o lepszych właściwościach technologicznych. *Mat. inform. Przem. Spoż.*, 2001, **5**, 22-23.
- [12] Van Loo J.: *Możliwości probiotyków i prebiotyków (synbiotyków) w celu obniżenia ryzyka nowotworów*. W: *Probiotyki*, Wyd. Naukowe PTTŻ. Kraków 2002, s. 43-47.

FORMING INULIN GELS AND THEIR PROPERTIES

S u m m a r y

The objective of this study was to investigate conditions under which inulin gels were formed, as well as to determine their properties using an example of a FRUTAFIT TEX formulation.

The gel-forming properties of inulin were studied with regard to: its concentration in water solutions, temperature (40–90°C) of water used to dissolve the inulin preparation, pH value (3 to 8), and NaCl concentrations (from 0 to 3%). The study comprised the determination of the following parameters: degree of gel formation using a VGI index of gelation, hardness of gels formed, degree of their reversibility, and melting temperature.

It was stated that the gelation potential depended statistically significantly on the solution temperature and the inulin concentration. No gel structures were formed using solvents of low concentrations (below 15%). However, when the solution temperature was increased to 80°C, and the inulin concentration in the solvent was 15%, the gel-forming properties of the preparation were evidently decreased (VGI = 93.2%). Next, when the preparation was dissolved at 90°C, no gel could be formed (VGI = 0%) after the sol was cooled down. The pH value had a statistically significant effect on the gel forming process. This gel forming process was the weakest in the acidic environment (pH from 3 to 4), and under such conditions, a concentration exceeding 20% was necessary to enable gels to be formed. If NaCl was added, the gel-forming properties of inulin were significantly enhanced. The hardness of inulin gels depended on the concentration of inulin applied. However, it was stated that the addition of NaCl did not significantly impact the hardness of gels formed. Basing on the results obtained, it was also confirmed that inulin could be applied as a fat substitute in non-lipid food products with pH below 5.

Key words: inulin, gel properties, gelation ☒