ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, 2 (75), 27 – 37

EWA CIEŚLIK, AGNIESZKA GĘBUSIA

ŻYWNOŚĆ FUNKCJONALNA Z DODATKIEM FRUKTANÓW

S t r e s z c z e n i e

Dobrze poznany związek między składnikami diety a ogólnym stanem zdrowia człowieka pozwala wykorzystywać w sposób racjonalny odżywcze i nieodżywcze składniki żywności. Producenci żywności wzbogacają wyroby w składniki bioaktywne m.in. fruktany (inulinę i fruktooligosacharydy). Fruktany to liniowe lub rozgałęzione polisacharydy zbudowane z jednostek β-D-fruktozy (połączonej wiązaniami β(2-1) i/lub β(2-6)-glikozydowymi) oraz jednej, przeważnie na końcu łańcucha, cząsteczki glukozy. Oprócz licznych właściwości prozdrowotnych charakteryzują się również korzystnymi właściwościami technologicznymi – strukturotwórczymi, żelującymi, wodochłonnością, zdolnością do zastępowania cukru i tłuszczu, nadawaniem produktom cech kremowych. Z tego względu fruktany mogą znaleźć zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu spożywczego: mleczarstwie, cukiernictwie i piekarstwie lub w przetwórstwie owocowo-warzywnym. Fruktany są powszechnie stosowane jako zagęstniki i stabilizatory. Zastosowanie ich już w niewielkich stężeniach w roztworach wodnych pozwala modyfikować ich lepkość i poprawia właściwości reologiczne. Dzięki tym cechom fruktany wykorzystuje się do produkcji deserów, kremów oraz polew cukierniczych, a także w przetwórstwie mięsnym i wędliniarskim oraz w produkcji margaryn. Obok wpływu na strukturę produktów spożywczych istotną cechą fruktanów, która przyczyniła się do zastosowania ich w produkcji żywności, jest zdolność tych dodatków do obniżania wartości energetycznej gotowego wyrobu. Jako efektywny zamiennik tłuszczu i cukru fruktany są obiecującym składnikiem żywności ułatwiającym kontrolę masy ciała.

Słowa kluczowe: żywność funkcjonalna, fruktany, inulina, oligosacharydy

Wprowadzenie

Postęp gospodarczy i naukowy krajów rozwiniętych doprowadził do istotnych zmian nawyków żywieniowych oraz stylu życia. Najczęściej spożywane są posiłki wysokoenergetyczne, bogate w nasycone tłuszcze oraz cukry, podczas gdy konsumpcja złożonych węglowodanów i błonnika pokarmowego jest niewielka. Nieprzestrzeganie zasad racjonalnego żywienia wraz ze zmniejszeniem aktywności fizycznej doprowadziło do powstania problemów z nadwagą i otyłością, a wraz z nimi do zwiększenia

Prof. dr hab. inż. E. Cieślik, mgr inż. A. Gębusia, Małopolskie Centrum Monitoringu i Atestacji Żywności, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków

częstotliwości występowania chorób serca, cukrzycy i nadciśnienia tętniczego. Coraz więcej prac naukowych dotyczących powiązania diety z występowaniem przewlekłych chorób niezakaźnych wskazuje na niezwykłe właściwości bioaktywnych składników zawartych w żywności (m.in. fruktanów), które mogą służyć utrzymaniu dobrego stanu zdrowia, a nawet jego poprawie. W rezultacie, obecnie istnieje ogromne zainteresowanie przemysłu spożywczego oraz konsumentów produktami, które mogą promować zdrowie i dobre samopoczucie. Ten rodzaj żywności nosi ogólną nazwę żywności funkcjonalnej.

Prozdrowotne właściwości fruktanów

Fruktany stanowią rozpuszczalną frakcję błonnika pokarmowego o wielu udokumentowanych właściwościach prozdrowotnych, wśród których najczęściej wymienia się działanie prebiotyczne, wpływ na profil lipidowy i redukcję poziomu cholesterolu w surowicy krwi, zwiększanie biodostępności składników mineralnych, profilaktykę i wspomaganie leczenia cukrzycy, działanie antykancerogenne oraz redukcję poziomu metabolitów, a także produkcję witamin z grupy B [11, 18, 19, 24, 29].

Fruktany, w szczególności fruktooligosacharydy oraz inulina, to w praktyce najczęściej występujące prebiotyki [1]. Są odporne na działanie enzymów trawiennych układu pokarmowego, dlatego podlegają pasażowi do jelita grubego, gdzie wykorzystywane przez bytującą w nim korzystną mikroflorę znacząco wpływają na jej namnażanie i poprawę stanu zdrowia gospodarza [1, 7, 14, 20]. Ze względu na istotną rolę w fizjologii jelita na szczególną uwagę zasługują bakterie kwasu mlekowego (np. z rodzaju *Lactobacillus*) oraz *Bifidobacterium*. Hamują one rozwój mikroorganizmów patogennych poprzez stwarzanie niekorzystnych warunków środowiskowych (obniżenie pH treści jelitowej), konkurencję z innymi drobnoustrojami o substraty oraz o miejsce adhezji na nabłonku jelitowym, a także wytwarzanie przez niektóre szczepy substancji antybiotycznych. Wzbogacenie diety zwierząt laboratoryjnych w oligosacharydy zmniejszyło w stolcu liczbę drobnoustrojów z rodzaju *Salmonella*, natomiast dodatek inuliny i oligofruktozy ograniczył rozwój *Candida* w jelicie cienkim. Stwierdzono także niższą umieralność zwierząt zainfekowanych *Listeria monocytogenes* oraz *Salmonella typhimurium*, których dietę wcześniej suplementowano inuliną i oligofruktozą. Bakterie jelitowe metabolizują fruktany do kwasu octowego, propionowego i masłowego, a stężenie krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w kątnicy, okrężnicy i kale zależy od długości łańcucha fruktanów. Dzięki uwzględnieniu tej zależności w produkcji żywności możliwe jest odpowiednie dobranie bakterii probiotycznych oraz prebiotyków w celu regulowania jakościowego i ilościowego składu krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych powstających w jelicie grubym [7, 14, 20].

Powstająca w wyniku fermentacji ilość kwasu octowego i propionowego wywiera wpływ na produkcję cholesterolu, ponieważ octan jest stymulatorem, a propionian

inhibitorem jego syntezy. Jednak głównym mechanizmem działania fruktanów w obniżaniu poziomu cholesterolu w surowicy krwi jest wiązanie kwasów żółciowych w jelicie cienkim, a przez to zwiększenie ich wydalania. W rezultacie ograniczeniu ulega pula soli żółciowych, które mogą być wykorzystywane do produkcji cholesterolu, oraz utrudnione jest wchłanianie lipidów. Cholesterol zostaje wykorzystany do syntezy kwasów żółciowych, a nie do syntezy lipoprotein. Hamuje to rozwój blaszki miażdżycowej i chroni przed rozwojem chorób układu krążenia [14]. W badaniach z udziałem zwierząt laboratoryjnych karmionych wysokowęglowodanową dietą z 10 % dodatkiem fruktooligosacharydów stwierdzono znaczne zmniejszenie zawartości triacylogliceroli i fosfolipidów. Wykazano również zapobiegawcze działanie fruktooligosacharydów przeciwko stłuszczeniu wątroby [20]. Zmniejszenie ryzyka miażdżycy i innych chorób układu krążenia jest bezpośrednio skorelowane z dyslipidemią, zwłaszcza z hipertriacyloglicerydemią i opornością na insulinę, które związane są z wysokokaloryczną dietą, przede wszystkim bogatą w węglowodany. W tych przypadkach, regularne spożywanie fruktanów ogranicza ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia [7].

Ponadto fruktany mają korzystny wpływ na przyswajanie składników mineralnych z diety. Liczne dane literaturowe wskazują na poprawę biodostępności wapnia, magnezu, żelaza, miedzi, cynku i fosforu. W wyniku fermentacji fruktanów pH w jelicie ulega obniżeniu, przez co wzrasta stężenie składników mineralnych w postaci jonowej oraz szybkość dyfuzji przez błony komórkowe. W wyniku połączenia z krótkołańcuchowymi kwasami tłuszczowymi powstają łatwo rozpuszczalne sole, ponadto obecność fruktanów powoduje przerost błony śluzowej jelita grubego, zwiększając jego zdolność wchłaniania składników mineralnych [9, 20]. Wpływ fruktanów na przyswajanie składników mineralnych uzależniony jest także od długości ich łańcucha. Scholz-Ahrens i Schrezenmeir [21], w badaniach wpływu fruktanów na absorpcję wapnia, magnezu, miedzi, żelaza, cynku i fosforu, wykazali silniejsze działanie inuliny lub mieszanki inuliny i oligruktofruktozy w porównaniu z działaniem samej oligofruktozy. W innych badaniach z udziałem zwierząt laboratoryjnych korzystne oddziaływanie na biodostępność składników mineralnych stwierdzono, dodając zaledwie 5 g fruktooligosacharydów na kilogram sporządzanej diety. Wystąpiło zwiększone wchłanianie składników mineralnych oraz wzrost masy kostnej zwierząt [20]. Liczne wyniki badań dowodzą, że spożywanie kompozycji krótko- i długołańcuchowych fruktanów wpływa korzystnie na zwiększenie masy kostnej również w okresie dojrzewania [7].

Długość łańcucha spożywanych z dietą fruktanów wpływa również na ilość i wzajemne proporcje produkowanych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, a przez to na ograniczenie zmian nowotworowych komórek jelita grubego. Krótkołańcuchowe fruktooligosacharydy fermentowane są szybciej i jako pierwsze wspomagają rozwój korzystnej mikroflory, natomiast z rozkładem inuliny związane jest wytwarzanie większych ilości maślanu, co oprócz ograniczenia zmian nowotworowych ma

szczególne znaczenie w profilaktyce wrzodziejącego zapalenia okrężnicy [24]. Powstający w procesie fermentacji kwas mlekowy jest dobrym substratem wykorzystywanym przez komórki nabłonka, przez co również ogranicza ich przemiany nowotworowe. Ponadto krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe nasilają rozpad zmienionych nowotworowo komórek ściany jelitowej, szczególnie w początkowej fazie kancerogenezy [1]. Dodatkowo produkty fermentacji fruktanów hamują rozwój bakterii gnilnych, których enzymy wpływają na rozrost komórek nowotworowych i powstawanie rakotwórczych nitrozoamin [9]. Dieta bogata w produkty pochodzenia zwierzęcego oraz uboga w błonnik jest związana z większym ryzykiem występowania raka jelita grubego, ponieważ niektóre produkty rozkładu białek i metabolity cholesterolu wykazują działanie kancerogenne. Spożywanie z dietą fruktanów ogranicza ryzyko wystąpienia zmian nowotworowych. Modyfikując skład mikroflory oraz zakwaszając treść jelitową wykazują właściwości wstrzymujące jej bakteryjny rozkład do potencjalnych kancerogenów [1, 20]. Ze względu na działanie profilaktyczne chorób końcowego odcinka przewodu pokarmowego istnieje rosnące zainteresowanie możliwością wpływania na mikroflorę jelitową w celu zwiększenia liczby *Bifidobacterium* i *Lactobacillus* oraz jednocześnie stymulowania produkcji krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych oraz mleczanu w okrężnicy [17].

Namnażanie bifidobakterii związane jest również ze wzbogaceniem organizmu w kwas foliowy lub kwas nikotynowy oraz witaminy B_1, B_2, B_6 [9]. Ponieważ fruktany nie powodują gwałtownego wzrostu poziomu glukozy w surowicy krwi oraz wykazują niższą niż sacharoza kaloryczność (1,0 - 1,5 kcal·g^{-1} w porównaniu do 4,0 kcal·g^{-1} w przypadku sacharozy) mogą z powodzeniem być stosowane przez diabetyków oraz osoby stosujące diety redukcyjne. Nie są rozkładane w jamie ustnej, przez co nie stanowią pożywki dla obecnych w jamie ustnej bakterii. Wspomagają również działanie układu odpornościowego [7, 9]. Dane literaturowe wskazują na możliwość zastosowania inuliny i fruktooligosacharydów w zmniejszaniu objawów zarówno wrzodziejącego zapalenia jelita grubego, jak i choroby Crohna, które dotykają około 500 na 100 000 osób i coraz częściej występują w krajach zachodnich [15, 22].

Korzystny wpływ diety bogatej we fruktany przyczynił się do zmiany preferencji konsumenckich i poszukiwania produktów bogatych w ten składnik. Dzięki temu można zaobserwować znaczący wzrost zainteresowania fruktanami wśród producentów żywności wzbogacanej.

Zastosowanie fruktanów w przemyśle spożywczym

W produkcji żywności funkcjonalnej nośnikami substancji bioaktywnych są grupy produktów najczęściej kupowanych i regularnie spożywanych (np. przetwory mleczne, produkty zbożowe, napoje owocowe), ponieważ długotrwałe i regularne spożywanie tego rodzaju żywności sprzyja oczekiwanym efektom. Do niedawna trakto-

wano fruktany jako polisacharydy towarzyszące błonnikowi, jednak w 1998 r. inulina i oligofruktoza zostały uznane przez General Referee for Dietary Fiber and Complex Carbohydrates of AOAC International za część błonnika pokarmowego. Fruktany znajdują zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu spożywczego (mleczarski, cukierniczy, piekarski, owocowo-warzywny, tłuszczowy, mięsny), ponieważ oprócz cennych walorów prozdrowotnych, charakteryzują się także korzystnymi właściwościami technologicznymi. Fruktany o krótkiej i średniej długości łańcucha wykorzystywane są do produktów o jednorodnej strukturze (np. wyrobów piekarskich i produktów zbożowych), podczas gdy preparaty długołańcuchowe znajdują zastosowanie w wyrobach, w których istotna jest lepkość (sosy, dressingi, konserwy mięsne). Coraz większe zainteresowanie przemysłu spożywczego wzbudzają inulina i oligofruktoza. Inulina wykorzystywana jest głównie do otrzymywania produktów o małej zawartości tłuszczu, podczas gdy oligofruktoza jest stosowana w niskokalorycznych produktach owocowych, jak również do zrównoważenia słodyczy i zamaskowania pozostałości bardzo intensywnego posmaku słodzika stosowanego w środkach spożywczych [9,10, 23].

Właściwości technologiczne inuliny wynikają przede wszystkim z jej zdolności do tworzenia żeli. Zastosowana w dużych stężeniach w wodzie wytwarza sieć żelową. Układ ten jest stabilny fizycznie i wykazuje właściwości lepkoplastyczne i tiksotropowe. Właściwości reologiczne cząsteczkowych żeli inulinowych są inne od tych, które wykazują niekrystalizujące polisacharydy, a ich charakterystyka jest bliższa sieciom kryształów tłuszczowych. Ze względu na te właściwości inulina jest wykorzystywana jako substytut tłuszczu, nadaje produktom gęstą, kremową strukturę oraz gładkość i łagodny smak [2, 10]. Przydatność inuliny jako zamiennika tłuszczu jest ograniczona w produktach kwaśnych o długim terminie przydatności do spożycia, ponieważ przy pH poniżej 4,5 zachodzi jej hydroliza do fruktozy [10].

Fruktooligosacharydy znajdują powszechne zastosowanie w przemyśle spożywczym, zwłaszcza mleczarskim. Wykorzystanie oligosacharydów w tej branży początkowo wynikało z naukowo udowodnionych właściwości prebiotycznych fruktooligosacharydów. Zaowocowało to pojawieniem się na rynku wielu napojów fermentowanych, w których zastosowanie fruktooligosacharydów wraz z probiotyczną mikroflorą doprowadziło do pojawienia się napojów synbiotycznych. Wykazują one cechy żywności funkcjonalnej, przez co są pożądane przez konsumentów [30]. Badania wskazały na dodatkowe technologiczne korzyści wynikające z zastosowania fruktooligosacharydów do produkcji jogurtów. Stwierdzono polepszenie konsystencji i smaku, a także zmniejszenie tendencji do synerezy i zwiększenie stabilności już przy 1 % dodatku inuliny. Zastosowanie fruktooligosacharydów umożliwia produkcję niskotłuszczowego jogurtu z jednoczesnym zachowaniem wrażenia produktu tłustego i o pełnych cechach [9]. Wszołek [30] oceniła wpływ dodatku inuliny na cechy jakościowe biojogurtów. Dowiodła, że bardzo wyraźnie zaznaczył się wpływ inuliny na teksturę i cechy senso-

ryczne. Wykazała, że najkorzystniejszym wyglądem, smakiem i konsystencją cechował się jogurt z 1 % dodatkiem inuliny. Wpływ tego dodatku na teksturę jogurtów tłumaczy się utrudnionym powstawaniem wiązań między micelami kazeiny podczas koagulacji kwasowej. Stwierdzono również, że ze wzrostem udziału inuliny, większa jest lepkość jogurtów, co wynika z jej zwiększonej koncentracji w fazie wodnej żelu – serwatce. W środowisku kwaśnym niewielka ilość inuliny ulega hydrolizie, co prowadzi do częściowej utraty właściwości technologicznych. Straty wywołane hydrolizą wynoszą: podczas pasteryzacji do 1 %, podczas inkubacji do 2 %, podczas przechowywania przez 28 dni w temperaturze 10 °C do 5 % oraz straty związane z fermentacją przez kultury jogurtowe do 2 % (przy czym w pierwszej kolejności do tego celu zużywana jest laktoza). Warto zauważyć, że zarówno ogólna liczba bakterii probiotycznych, jak i ich przeżywalność była wyższa w przypadku jogurtów z dodatkiem inuliny [10]. Przydatność inuliny, częściowo hydrolizowanej gumy guar i beta-glukanu otrzymanego z owsa była przedmiotem badań Brennan i Tudorica [4]. Oceniano możliwość zastosowania wymienionych związków do produkcji odtłuszczonych jogurtów, badano ich wpływ na teksturę, właściwości reologiczne i sensoryczne. Porównywano jogurty otrzymane z mleka pełnego, mleka odtłuszczonego oraz kontrolne jogurty odtłuszczone. Dowiedziono, że dodatek już 0,5 % beta-glukanu poprawia synerezę otrzymanego produktu w takim stopniu, że może być porównywalny z jogurtem z mleka pełnego. Inulina i guma guar również wykazywały takie właściwości przy 2 % dodatku, jednak pod względem właściwości sensorycznych najlepiej oceniono produkt z dodatkiem inuliny. Wszystkie dodatki oceniono pozytywnie pod względem możliwości wykorzystania jako węglowodanowych zamienników tłuszczu do wytwarzania żywności o cechach produktu „pełnego, tłustego" [4].

Inulina może zastępować również tłuszcz i cukier w lodach, jogurtach owocowych, deserach mlecznych, serkach twarogowych lub dżemach, nie powodując wzrostu poziomu glukozy we krwi po ich spożyciu [9, 20]. Zastosowanie inuliny do produkcji lodów powoduje wzrost ich lepkości i napowietrzenia, zwiększa także ich odporność na topnienie. Pozwala otrzymać gładką i jednolitą konsystencję, ograniczając powstawanie szorstkiej tekstury lodów podczas zmian temperatury w czasie przechowywania. Dzięki zastosowaniu inuliny zawartość tłuszczu można ograniczyć nawet o 99 % [10]. Do produkcji lodów wzbogaconych w bakterie probiotyczne do najczęściej wymienianych w literaturze prebiotyków o właściwościach krioprotekcyjnych (zapobiegających uszkodzeniom komórek w trakcie ich zamrażania i rozmrażania) należą galaktooligosacharydy, a przede wszystkim fruktooligosacharydy, polidekstroza i inulina. W badaniach wykazano, że wzbogacanie lodów probiotycznych inuliną w stężeniu zaledwie 2 % poprawia przeżywalność bakterii *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Zaprojektowane lody charakteryzowały się korzystnymi cechami sensorycznymi i fizycznymi [26]. Ponadto otrzymane produkty cechowała niższa wartość kaloryczna

w porównaniu z wyrobami tradycyjnymi, ponieważ kaloryczność inuliny zawiera się w zakresie 1 - 1,5 kcal/g [20, 25].

Fruktooligosacharydy, dzięki swoim właściwościom technologicznym, mogą być wykorzystywane jako żelujące środki teksturotwórcze. Polepszają konsystencję, nadając wyrobom cechy produktu kremowego. Znajdują zastosowanie do wyrobu czekolad i batonów dietetycznych, maskując przy tym nieprzyjemny smak sztucznych substancji słodzących [9]. Inulina jest umiarkowanie rozpuszczalna w wodzie, charakteryzuje się neutralnym smakiem, bez dodatkowych posmaków i zapachów [2]. Właściwości preparatów błonnikowych zbadała Waszkiewicz-Robak [28], porównując produkowane przemysłowo hydrokoloidy polisachrydowe o charakterze błonnika (np. guar częściowo hydrolizowany, mączkę chleba świętojańskiego, pektynę wysoko metylowaną), preparaty z cykorii (inulinę i fruktooligosacharydy), preparaty z soi, fasoli, owsa i jabłek. W porównaniu z pozostałymi, preparaty z cykorii charakteryzowały się najmniejszą zdolnością absorpcji wody, lepszą zdolnością do absorpcji tłuszczu, całkowitą rozpuszczalnością w wodzie, niewielką lepkością 1 % roztworu oraz niewielkim wpływem na pH roztworu. W przeciwieństwie do innych preparatów, 1 % roztwór inuliny i fruktooligosacharydów nie powodował zmiany walorów sensorycznych, podczas gdy hydrokoloidy powodowały posmak metaliczny, kwaśny lub mdły, a pozostałe – posmak charakterystyczny dla źródła ich pochodzenia [28].

Zastosowanie w przemyśle może mieć również oligofruktoza otrzymana w procesie częściowej hydrolizy inuliny. Niższy stopień polimeryzacji powoduje, że oligofruktoza nadaje produktom lekko słodki smak. W połączeniu ze słodzikami oligofruktoza wpływa na tworzenie lepszej konsystencji i walorów smakowych wyrobu. Wzmacnia smak dodatków owocowych, a przy tym posmak jest niemal niezauważalny. Dzięki zdolności pochłaniania wody zmniejsza aktywność wodną, przez co jest czynnikiem modyfikującym temperaturę wrzenia i zamarzania roztworów [2].

Wykorzystanie fruktanów do produkcji wyrobów piekarskich i ciastkarskich pozwala na zmniejszenie ich kaloryczności, zwiększenie objętości i poprawę tekstury. Inulinę można stosować w piekarstwie, gdzie z powodzeniem może zastępować tłuszcz, przyczyniając się do poprawy jakości i trwałości pieczywa i ciast [23]. Dodatek fruktooligosacharydów poprawia cechy sensoryczne ciast, wpływając na ich teksturę, kruchość i wilgotność. Umożliwia zmniejszenie kaloryczności, a podczas wyrabiania zwiększa wodochłonność ciast. Najczęstsze zastosowanie znajduje inulina i oligofruktoza, a wykorzystuje się je jako dodatek do pieczywa pszennego oraz ciast drożdżowych i kruchych [9]. Im wyższy był dodatek fruktooligosacharydów tym mniejszą twardością charakteryzował się miękisz chleba. Natomiast dodatek inuliny do pieczywa mieszanego wpłynął niekorzystnie na jego teksturę, zwiększając twardość. W przypadku chleba wypiekanego z dodatkiem mączki topinamburowej za najkorzystniejszy uznano 8 - 10 % dodatek tego składnika [8].

W cukiernictwie inulina może być zastosowana do produkcji beztłuszczowych lukrów i elementów dekoracyjnych. Do lukrów i ozdób tłuszcz dodawany jest w celu spulchnienia i stabilizacji piany oraz nadania charakterystycznych cech sensorycznych. Podobne cechy może wyrobom nadać inulina w połączeniu ze spulchniającym emulgatorem po rozpuszczeniu w wodzie i silnym ścięciu. Inulinę zastosować można również do produkcji polew, w których polepsza plastyczność i skraca zastyganie produktu. Dodatkowo pomaga ograniczyć rekrystalizację cukru, przez co istotnie zmniejsza ziarnistość polewy. Fruktany mogą być również stosowane do produkcji makaronu. Dodatek inuliny oraz błonnika pszennego wywiera znaczący wpływ na właściwości skrobi oraz poprawę cech kulinarnych. Czas gotowania makaronu z dodatkami tylko nieznacznie różnił się od czasu gotowania próby kontrolnej. Poprawie uległa wytrzymałość makaronu na rozgotowanie, a ilość suchej masy przechodzącej do wody w czasie gotowania zmniejszyła się. Badania wykazały, że optymalny dodatek inuliny wynosił 4 % [13].

Przetwory owocowe i warzywne mogą być także wykorzystywane jako nośniki różnych dodatków funkcjonalnych. Bardzo dobrze do tego celu nadają się soki (szczególnie przecierowe), które nawet bez ich wzbogacania zawierają znaczące ilości takich składników, jak: błonnik pokarmowy, beta karoten, witamina C, likopen oraz naturalne składniki nieodżywcze (związki fenolowe, glukozynolany, fosforany inozytolu, kumaryny, terpeny, indole). Próbę wzbogacenia soków owocowych podjęli Cieślik i wsp. [6], wykazując, że dodatek soku z topinamburu lub preparatów inuliny z fruktooligosacharydów do soków standardowych (bez sacharozy) powodował obniżenie jakości sensorycznej, jednak kompozycje tych soków z dodatkiem sacharozy otrzymywały ocenę wyższą od soku standardowego [6]. Próbę wzbogacenia soku owocowo-warzywnego w bakterie probiotyczne *Lactobacillus acidophilus* oraz inulinę podjęły Trząskowska i Kołożyn-Krajewska [27]. Wykazały, że dodatek inuliny wspomagał wzrost bakterii probiotycznych, a jednocześnie nie wpływał znacząco na wartość sensoryczną gotowego produktu. Otrzymany sok, jako produkt synbiotyczny wykazuje dwojakie korzystne oddziaływanie oraz charakteryzuje się nowymi cechami smakowo-zapachowymi [27].

W badaniach Góreckiej i wsp. [12] określono stopień rozpuszczalności, lepkość oraz absorpcję oleju przez preparaty inuliny. Stwierdzono, że rozpuszczona inulina obniża punkt zamarzania wody w roztworze, a podnosi temperaturę wrzenia roztworu. Lepkość wodnych roztworów preparatów zawierających inulinę wzrastała razem ze wzrostem ich stężenia [12]. Inulinę zastosowano do produkcji majonezu niskotłuszczowego, w którym aż 50 % oleju zastąpiono tym polisacharydem dodanym w postaci preparatu. W celu poprawy właściwości fizycznych i sensorycznych wykorzystano dodatek gumy guar, ksantanu oraz ich mieszanek. Wszystkie majonezy z dodatkiem fruktanów były stabilne przy stężeniu gum spożywczych powyżej 0,11 %. Dodatek

gum spożywczych intensyfikował kremową barwę modelowego majonezu niskotłuszczowego i nieznacznie zmniejszał wrażenie tłustości wywołane obecnością inuliny. Wprowadzenie tego polisacharydu do modelowego majonezu zmniejszało prawie o połowę jego wartość kaloryczną [3].

W przemyśle tłuszczowym fruktooligosacharydy znalazły zastosowanie do produkcji margaryn. Dzięki ich użyciu możliwe było znaczne zmniejszenie zawartości tłuszczu, przy jednoczesnym zachowaniu smarowności produktu oraz jego korzystnych cech sensorycznych. Emulsje margarynowe o dobrej jakości otrzymuje się z dodatkiem 2,5 - 4 % inuliny przy 40 % zawartości tłuszczu [10].

Dzięki zdolności wiązania wody i emulgowania tłuszczu fruktany znajdują często zastosowanie w przemyśle mięsnym. Zmniejszają straty podczas wędzenia, parzenia i gotowania oraz ograniczają wyciek w opakowaniach podczas przechowywania. Zastosowanie tych preparatów do produkcji konserw i kiełbas rozdrobnionych pozwoliło na zastąpienie części surowca tłuszczowego, a przez to na zmniejszenie kaloryczności i poprawę cech sensorycznych. W przemyśle mięsnym fruktooligosacharydy wykorzystuje się do produkcji kiełbas fermentowanych o obniżonej kaloryczności, w których dodatkowo pozwalają uzyskać miękkość i bardziej pożądaną barwę. Największą zaletą ich stosowania jest kształtowanie tekstury wyrobów oraz uzyskanie korzystnej soczystości wyrobów wędliniarskich. Dodatek inuliny do wyrobów mięsnych wynosi 4 - 7,5 % [9, 10, 11]. Wykazano jednak, że nawet 12 % dodatek fruktooligosacharydów nie obniża jakości sensorycznej a pozwala zredukować kaloryczność kiełbas nawet o 34 % [20].

Podsumowanie

Fruktany mogą pełnić w przemyśle spożywczym zarówno ważną rolę technologiczną, jak i cenne funkcje prozdrowotne, przez co są coraz szerzej wykorzystywane. Wskazane jest, aby na polskim rynku asortyment wyrobów z użyciem fruktanów systematycznie się zwiększał, stanowiąc czynnik wspomagający profilaktykę wielu schorzeń dietozależnych oraz znajdując zastosowanie w prewencji otyłości. Zachęcając konsumenta do zapoznawania się z wartością odżywczą produktów spożywczych, żywność funkcjonalna może przyczynić się do propagowania elementów zdrowego stylu życia.

Literatura

[1] Bartnikowska E.: Co producent i konsument powinni wiedzieć o fruktanach. Przegl. Piek. Cuk., 2010, **2**, 12-16.

[2] Bortkun O.: Sacharydy i substancje słodzące w produkcji żywności. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2002, **4**, 17.

[3] Bortnowska G., Makiewicz A.: Przydatność technologiczna gumy guar i ksantanu do produkcji majonezu niskotłuszczowego z dodatkiem inuliny. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2006, **5**, 135-146.
[4] Brennan C.S., Tudorica C.M.: Carbohydrate-based fat replecers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: comperative study of the utilization of barley beta-glucan, guar gum and inulin. Int. J. Food Sci.Technol., 2008, **(43) 5**, 824-833.
[5] Caceres E., Garcia M.L., Toro J., Selgas M.D.: The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. Meat Sci., 2004, **68**, 87-96.
[6] Cieślik E., Florkiewicz A., Filipiak-Florkiewicz A.: Jakość soków owocowych z dodatkiem fruktanów. Żyw. Człow. Metab., 2003, **3-4**, 1027-1030.
[7] Delgado G.T.C., Tamashiro W.M.S.C., Pastore G.M.: Immunomodulatory effects of fructans. Food Res. Int., 2010, **43**, 442-457.
[8] Filipiak-Florkiewicz A.: Wpływ fruktanów na twardość miękiszu chleba**.** Żyw. Człow. Metab., 2003, **3-4**, 978-982.
[9] Florowska A., Krygier K.: Zastosowanie nietrawionych oligosacharydów w produktach spożywczych. Przem. Spoż., 2004, **5**, 44-47.
[10] Florowska A., Krygier K.: Inulina jako zamiennik tłuszczu w produktach spożywczych. Przem. Spoż., 2007, **5**, 18-21.
[11] Górecka D., Konieczny P., Gramza-Michałowska A.: Inulina – znaczenie żywieniowe i technologiczne. Przem. Spoż., 2009, **10**, 22-27.
[12] Górecka D., Konieczny P., Stachowiak J., Korczak J., Tarkowska K.: Właściwości funkcjonalne inuliny i jej zdolność w zakresie sorpcji wybranych składników mineralnych. Bromat. Chem. Toksykol., 2005**,** Supl., 423-427.
[13] Jurga R.: Wzbogacanie makaronów dodatkami z błonnikiem pokarmowym. Przegl. Zboż.-Młyn., 2008, **3**, 10.
[14] Kleessen B., Hartman L., Balut M.: Oligofructose and long-chain inulin: influence on the gut microbial ecology of rats associated with a human faecal flora. Br. J. Nutr., 2001, **2,** 291-300.
[15] Leenen C.H.M., Dieleman L.A.: Inulin and oligofructose in chronic iInflammatory bowel disease. J. Nutr., 2007, **(137) 11** Suppl., 2572S-2575S.
[16] Oliveira R.P.S., Florence A.C.R, Silva R.C., Perego P., Converti A., Gioielli L.A., Oliveira M.N.: Effect of different prebiotics on the fermentation kinetics, probiotic survival and fatty acids profiles in nonfat symbiotic fermentem milk. Int. J. Food Microbiol., 2009, **128**, 467-472.
[17] Pompei A., Cordisco L., Raimondi S., Amaretti A., Pagnoni U.M., Matteuzzi D., Rossi M.: *In vitro* comparison of the prebiotic effects of two inulin-type fructans. Anaerobe 2008, **14**, 280-286.
[18] Rault-Nania M.H., Demougeot C., Gueux E., Berthelot A., Dzimira S., Rayssiguier Y., Rock E., Mazur A.: Inulin supplementation prevents high fructose diet-induced hypertension in rats. Clin. Nutr., 2008, **(27) 2**, 276-282.
[19] Roberfroid M.B.: Inulin-type fructans: Functional food ingredients. J. Nutr., 2007, **(137) 11** Suppl, 2493S-2502S.
[20] Sangeetha P.T., Ramesh M.N., Prapulla S.G.: Recent trends in the microbial production, analysis and application of fructooligosaccharides. Trends Food Sci. Technol., 2005, **16**, 442-457.
[21] Scholz-Ahrens K.E., Schrezenmeir J.: Inulin and oligofructose and mineral metabolism: The Evidence from Animal Trials. J. Nutr., 2007, **137 (11)** Suppl., 2513-2523.
[22] Seifert S., Watzl B.: Inulin and oligofructose: Review of experimental data on immune modulation. J. Nutr., 2007, **(137) 11**, Suppl., 2563S-2567S.
[23] Skowronek M., Fiedurek J.: Inulina i inulinazy – właściwości, zastosowania, perspektywy. Przem. Spoż., 2003, **03**, 18-20.

[24] Stewart M.L., Timm D.A., Slavin J.L.: Fructooligosaccharides exhibit more rapid fermentation than long-chain inulin in vitro fermentation system. Nutr. Res., 2008, **28**, 329-334.
[25] Sucharzewska D.: Właściwości i przydatność fruktanów do produkcji wyrobów ciastkarskich. Przegl. Piek. Cuk., 2007, **7**, 59-31.
[26] Szosland-Fołtyn A.: Lody synbiotyczne – zastosowanie probiotyków i prebiotyków. Przegl. Piek. Cuk., 2008, **2**, 96-97.
[27] Trząskowska M., Kołożyn-Krajewska D.: Możliwości zastosowania probiotyków i prebiotyków do produkcji soków warzywno-owocowych. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2005, **4**, 37-38.
[28] Waszkiewicz-Robak B.: Właściwości funkcjonalne wybranych składników prozdrowotnych jako składników żywności specjalnego żywieniowego przeznaczenia. Post. Techn. Przetw. Spoż., 2002, **2**, 29-33.
[29] Wong J.M.W., Jenkins D.J.A.: Carbohydrate digestibility and metabolic effects. J. Nutr., 2007, **(137) 11** Suppl., 2539S-2546S.
[30] Wszołek M.: Wpływ dodatku inuliny na cechy jakościowe biojogurtów. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1999, **4 (21)**, Supl., 176-184.

FUNCTIONAL FOODS WITH FRUCTANS ADDED

S u m m a r y

A well-known correlation between diet and general health state of man makes it possible to rationally utilize nutritional and non-nutritional food ingredients. Food manufacturers enrich their products with bioactive compounds, among other things, with fructans (inulin and oligofructoses). Fructans are linear or branched polymers composed of ß-D-fructose units (joined by ß(2-1) and/or ß(2-6)-glycoside bonds) and of one glucose molecule that is usually at the end of the chain. Besides their many pro-health properties, the fructans are characterized by some useful technological properties such as: ability to form structure and to gelate, high water holding capacity, ability to replace fat or sugar, ability to impart cream texture/consistency to food products. Therefore, they may be utilized in many branches of food industry: dairying, confectionery and bakery, or fruit and vegetable processing. Commonly, the fructans are applied as thickening agents and stabilizers. It is possible to modify their viscosity and improve their rheological properties when using them in aqueous systems at low concentration levels. Owing to those properties, the fructans are utilized to make desserts, creams and coating glazes, as well as in the meat processing industry and the production of margarines. Beside their impact on the structure of food products, which has contributed to their use in the food production industry throughout the world, the fructans have one more significant quality, namely the ability to decrease the energy value of the ready-made food product. As an effective fat & sugar replacing food component, the fructans are a promising food ingredient appearing helpful in controlling the body weight.

Key words: functional food, fructans, inulin, oligosaccharides