

9. Мижуева С.А. Исследование замораживания рыбы в растворе хлористого кальция / С.А. Мижуева, А.С. Манухин, Л.И. Хвалова // АТИРПиХ. – Астрахань, 1992. – 15 с. – Деп. в ВИНТИ 26.03.92. № 1200. – рх 92.
10. Безусов А.Т. Разработка методов и устройств для первичной холодильной обработки продукции прудового рыбоводства / А.Т. Безусов, А.С. Паламарчук, А.С. Титлов // Зб. наук. праць Міжнар. наук.-техніч. конф. "Сучасні проблеми холодильної техніки та технології". – ОДАХ. – Одеса, 2001. – С. 109-120.

УДК 664-027.3:664.3-027.35

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ЖИРА

**Виннов А.С., доц., канд. техн. наук**  
**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев**  
**Маноли Т.А., доц., канд. техн. наук**  
**Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса**

*Приведен обзор основных видов заменителей жира. Рассмотрены технологические принципы производства заменителей и миметиков жира.*

*Overview of main types fat substitutes is given. Discussed the technological principles of substitutes and fat mimetics production.*

Ключевые слова: миметики жира, сложные эфиры сахарозы, низкомолекулярные жирные кислоты, ферментативный гидролиз белков, трансглутаминаза.

Широкое распространение избыточной массы тела и ожирения вызвали необходимость поиска и разработки низкокалорийных заменителей жира и маложирных «легких» продуктов на их основе.

Все существующие на сегодня заменители жира можно разделить на две группы: собственно заменители жира (далее заменители жира); миметики жира.

Заменители жира представляют собой макромолекулы, которые химически похожи на эфиры многоатомных спиртов, в том числе на эфиры глицерина. Многие заменители жира в организме человека не усваиваются или имеют низкую степень усвоения.

Миметики жира, в отличие от заменителей, имеют абсолютно иное химическое строение, но в той или иной степени имитируют органолептические и физические свойства триглицеридов.

Наиболее распространенные современные собственно заменители жира - это продукты торговых марок и названий «Olestra/Olean®», (Procter & Gamble Co.), «SFE» (Mitsubishi Kagaku food corporation, Kogyo Seiyaku Co.), «Sorbestrin» (Cultor Food Science Inc.), «SL» (Abitec Stepan Co.) и другие.

Заменитель жира Olestra/Olean® представляет собой смесь сложных эфиров сахарозы с 6...8 молекулами ненасыщенных жирных кислот с длиной цепи 12 и выше углеродных атомов [1]. Технология этого продукта включает в себя процесс гидролиза природных пищевых жиров и растительных масел, метилирование образовавшихся жирных кислот и этерификацию сахарозы этими эфирами под каталитическим действием щелочных металлов или их солей, в безводных условиях и высоком вакууме. Полученные эфиры сахарозы очищают многократной промывкой, отбеливают и дезодорируют с последующей возгонкой непрореагировавших метиловых эфиров жирных кислот. В зависимости от вида использованных жирных кислот продукт имеет различные области применения, функциональные и физические свойства, степень усвоения организмом человека [2].

Заменитель жира «SFE» (Sucrose fatty acid esters) подобен Olestra /Olean®, но в отличие от него представляет собой только моно- ди- и три-эфиры сахарозы и жирных кислот. Этот продукт частично усваивается организмом человека. Его калорийность зависит от степени этерификации сахарозы и вида жирных кислот. Молекулы «SFE» имеют 5...7 свободных гидроксильных групп, что придает продукту как гидрофильные, так и липофильные свойства. Эта особенность строения «SFE» определяет возможность его использования в виде пищевого эмульгатора и ПАВ.

Жирозаменитель «Sorbestrin» представляет собой смесь три-, тетра- и пента этерифицированного жирными кислотами многоатомного спирта сорбита ( $C_6H_{14}O_6$ ). Sorbestrin частично усваивается организ-

мом человека. Его калорийность находится на уровне 1...1,5 ккал/г в зависимости от примененных при этерификации жирных кислот.

Широкое распространение получила группа жирозаменителей на основе многоатомных спиртов. Эти продукты имеют общее название - Medium Chain Triglycerides (среднецепочные триглицериды; принятое обозначение «МСТ») или Structurally Modified Lipid (структурно модифицированные липиды; принятое обозначение «SL» или «SML»). Они представляют собой эфиры глицерина, т.е. соединения, аналогичные по своему химическому строению природным жирами. Особенность этих продуктов состоит в том, что глицерин этерифицирован каприловой (С 8:0) и каприновой (С 10:0) жирными кислотами, со следами капроновой (С 6:0) и лауриновой (С 12:0) жирных кислот. Употребление многих жирозаменителей группы МСТ обеспечивает получение организмом человека не более 5...8 ккал /г из-за низкой энергетической эффективности биологического окисления низкомолекулярных жирных кислот.

Технология МСТ базируется на процессах ферментативного гидролиза натуральных жиров, фракционирования полученных жирных кислот и последующей химической (каталитической) или ферментативной этерификации глицерина или переэтерифицирования триглицеридов высокомолекулярных жирных кислот [3].

К группе МСТ жирозаменителей относятся широко известные продукты - «Caprenin» (Procter & Gamble Co.) и «Salatrim» (Nabisco Foods Group), которые по функциональным свойствам близки к маслу какао и часто применяются в мягких конфетах и кондитерских изделиях.

«Caprenin» представляет собой глицерин, этерифицированный каприловой (С 8:0), каприновой (С 10:0), и бегеновой (С 22:0) жирными кислотами. Особенности метаболизма этого жирозаменителя обеспечивают получение организмом человека не более 5 ккал/г.

«Salatrim» - это общее название для смеси структурированных триглицеридов, содержащей, по крайней мере, одну низкомолекулярную карбоновую кислоту (в основном С 2:0, С 3:0, или С 4:0) и одну высокомолекулярную, преимущественно стеариновую (С 18:0) жирную кислоту. Различные композиции кислот в составе Salatrim обеспечивают широкий выбор функциональных и физических свойств продукта [4].

Наряду с перечисленными жирозаменителями на основе глицерина разработаны технологии и способы применения различных эфиров других многоатомных спиртов и карбоновых/жирных кислот таких как «Dialkyl» (Frito-Lay Inc.), «EPG» (ARCO Chemical Co. and CPC International /Best Foods N.J.), «ТАТСА» (CPC International) [5].

Вторая группа заменителей жира – миметики. Эти вещества, в основном, представляют собой модифицированные углеводы или белки. Миметики жира углеводной природы обеспечивают ряд функций жиров в продуктах питания за счет связывания воды [6]. Так, обезжиренные или маложирные заправки (соусы) для салатов, глазури, десерты, мороженое, фарши, хлебобулочные изделия, молочные продукты, супы содержат ксантановую камедь и каррагинан, которые действуют как стабилизаторы эмульсии типа «жир в воде» при низком содержании жира. Для этих целей также применяются камеди ксантана, рожкового дерева, пектины.

В качестве миметиков жира углеводной природы, широкое применение находят крахмалы кукурузы, пшеницы, картофеля, тапиоки, риса, модифицированные окислением, декстринизацией, кислотным или ферментативным гидролизом. Миметики жира на основе модифицированных крахмалов входят в состав маргаринов, салатов и соусов, выпечки, глазури, мясных и рыбных эмульсионных продуктов – колбас и сосисок. Свойства миметиков жира также имеют некоторые виды целлюлозы. Эти свойства проявляет Na-карбоксиметилцеллюлоза в смеси с микрокристаллической целлюлозой и гидроксипропилметилцеллюлозой. Миметики на основе целлюлозных комплексов имитируют жир в водных системах, способствуя стабилизации эмульсий и пен; снижая синерезис и регулируя вязкость, блеск и прозрачность. Их применяют при производстве салатов, замороженных десертов, соусов и молочных продуктов, для снижения содержания жира в тесте, формирования карамелизованных корочек на поверхности обжаренных продуктов, увеличения объема хлебобулочных изделий в результате стабилизации пузырьков газа.

Наиболее популярные миметики жира углеводной природы выпускаются под названиями «Oatrim» и «Z-Trim». Миметик жира «Oatrim» (калорийность – 4 ккал/г) представляет собой смесь ферментированного гидролизата крахмала, измельченных оболочек зерен овса, сои, гороха, риса, кукурузы или пшеницы и содержит около 5 %  $\beta$ -глобулина. «Oatrim» рекомендован для добавления в молочные продукты, кондитерские изделия, замороженные десерты, крупы, хлебобулочные изделия в виде порошка или геля. По вкусовым ощущениям «Oatrim» имитирует традиционные триглицериды. Калорийность абсолютно сухого «Oatrim» – 4 ккал/г.

«Z-Trim» (калорийность продукта чуть более 0 ккал/г) - это неперевариваемые организмом человека волокна из оболочек зерен овса, сои, гороха, риса, кукурузы или пшеницы. «Z-Trim» используется как компонент «Oatrim» и как самостоятельный продукт в составе сыров, хлебобулочных и фаршевых изделий [7].

Наиболее современная группа заменителей жира – это миметики жира на основе белка. Они имитируют одно или несколькими органолептическими и физическими функциями жира в пище, но не заменяют жир полностью. Энергетическая эффективность белковых миметиков жира около 4,2...16,7 кДж/г. Эти продукты используются в макропитательных количествах, как правило, до 3 % к массе продукта. Для производства миметиков жира используют белки молочной сыворотки, сои, пшеничной клейковины, рыбы [8]. Основными функциональными свойствами белковых миметиков жира являются высокая влагоудерживающая и гелеобразующая способности. Эти свойства способны придавать продуктам, полученным из белковых концентратов и изолятов, бархатистость, гладкость, упругость и прозрачность, характерных для молочного и других видов жиров. В свою очередь функциональные свойства белковых миметиков жира тесно связаны со структурой белка-предшественника. В этой связи, ряд миметиков, подразумевающих сохранение нативной структуры фрагментов белка-предшественника не находят применение в технологии продуктов, подлежащих высокотемпературной обработке.

В целом белковые миметики жира различаются по молекулярной массе, аминокислотному составу, вторичной и третичной структуре фрагментов белковой молекулы, степени денатурации и агрегации белка-предшественника. Основной процесс технологии миметиков – микрофрагментирование (*microparticulation process*), определяют как совокупность технологических приемов по модификации белков, в результате которых в системе формируются текстурные и структурные свойства эмульгированных жиров. Эти свойства модифицированной белковой системы формируются в результате образования небольших сферических частиц белка с диаметром 0,1...3 мкм [9]. Частицы этого размера органолептически воспринимаются как приятные, нежные, гладкие, бархатистые капли сливок и/или молочного жира. Более мелкие частицы белка имеют неприятный водянистый привкус, а более крупные частицы характеризуются как мучнистые иногда пескообразные [10].

В специальной литературе описаны способы микрофрагментирования различных белков для получения миметиков жира методами теплоиндуцированной агрегации, теплового фракционирования при повышенном давлении, химической денатурацией и ферментативной модификацией белков-предшественников [11].

Ферментативная технология миметиков жира считается более эффективной и рекомендуется различными международными и национальными нормативными и регуляторными актами [12]. Ферментативная модификация белков в производстве заменителей жира в основном осуществляется с применением протеаз и трансглутаминаз [13].

Ферментативный гидролиз белков в технологии белковых миметиков жира обычно имеет ограниченный характер. Гидролизу подлежат небольшое количество пептидных связей, расположенных в основном на поверхности молекулы белка, степень гидролиза ограничивается 3-5 %. Продолжительность гидролиза, как правило, не превышает 2 часов при температуре ниже температурного оптимума фермента. Для ограниченного ферментативного гидролиза наиболее часто используют трипсин, химотрипсин, пепсин, папаин, бромелин, алкалазу, проназу. Функциональные свойства полученных гидролизатов как миметиков жира зависят от специфичности ферментов, гидрофильно-гидрофобного баланса и коэффициента амфифильности полученных полипептидов их молекулярной массы и др. В формировании свойств белковых миметиков жира особый интерес представляет значение гидрофобно-гидрофильного баланса и близкий к этому показателю коэффициент амфифильности, но однозначных рекомендаций по их величине для белковых миметиков жира пока не выработано [14].

Ферментативные технологии белковых миметиков жира можно разделить на 4 группы по основным технологическим подходам:

- селективный (специфичный) ферментативный гидролиз белка подвергнутого предварительной тепловой обработке под высоким давлением;
- неспецифичный ферментативный гидролиз белка с последующим фракционированием для выделения функциональных пептидов;
- селективный (специфичный) и неспецифичный ферментативный гидролиз белка, как правило, в этаноле, с последующим фракционированием для выделения функциональных пептидов;
- селективный (специфичный) и неспецифичный ферментативный гидролиз белка с последующим моделированием на базе гидролизата структуры пептидов и/или белков миметиков.

Предварительная тепловая обработка при повышенном давлении около 300 МПа, позволяет провести эффективный селективный триптический ферментативный гидролиз глобулярных белков с образованием пептидов желаемой функциональности [15]. В зависимости от условий тепловой обработки и условий ферментативного гидролиза, триптические гидролизаты лактоглобулинов и рыбных белковых изолятов имеют различные межфазные, гелеобразующие и эмульсионно-стабилизирующие свойства [16].

Сочетание краткосрочного неспецифичного ферментативного гидролиза при пониженных температурах с применением высокоактивных коммерческих ферментных препаратов типа «проназа» с после-

дующей ультрафільтрацією також дозволило отримати пептиди з високим коефіцієнтом амфифільності [17]. Специфічний ферментативний гідроліз білків молочної сыворотки, рибних і соєвих ізолятів трипсином, дозволяє отримати гідролізат з високою пенообразующою і емульгуючою здатністю. Максимальну емульгуючу здатність гідролізати проявляли при ступені гідролізу 1,0-1,5 %, а здатність к пенообразованию при ступені гідролізу 5,8 % [18].

Ферментативний гідроліз в водно-спиртових системах дозволяє змінювати склад пептида, в залежності від концентрації етанолу [19], що відкриває можливість створення необхідних функціональних пептидов-міметиків. Специфічний гідроліз трипсином білків молочної сыворотки, рибних і соєвих ізолятів в 40 % етанолі дозволив отримати гідролізат з емульгуючими властивостями кращими, ніж у гідролізата, отриманого в водній системі, але не впливає на його пенообразующою здатність [20]. Глибокий гідроліз цих же білкових субстратів сериновими протеазами *V. licheniformis* в розчинах етанолу від 19 до 86 % призводить к значительному покращенню здатності пенообразованию гідролізу.

Моделювання структури пептидов і/або білків методом ферментативної сшивки, в тому числі в технології міметиків жиру проводиться з використанням  $\text{Ca}^{2+}$  незалежної мікробної трансглютамінзи [21]. В цьому випадку формування ізопептидних зв'язків між залишками лізину і глутаміну з більшою долей ймовірності дозволяє отримати пептиди з високим коефіцієнтом амфифільності, т.к. сусідні ароматическі амінокислоти прискорюють cross – link взаємодію [22].

### Заключення

1. Світові тенденції в області виробництва продуктів харчування з низьким вмістом жирів дають підставу вважати перспективним розвиток технологій білкових міметиків жиру.
2. Багатьма дослідженнями встановлено можливість ефективного модифікації функціональних властивостей білків сыворотки молока, ізолятів з соєвої бобової культури і риби для отримання білкових міметиків жиру.
3. Доведено ефективність застосування протеаз і трасглютаміназ для отримання пептидов – міметиків жиру.

### Література

1. Akoh C.C. Fat replacers, *Food Technol*, 1989, 52(3), 47–53.
2. Zoulias E.I., Oreopoulou V. and Tzia C. Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate- or protein-based fat replacers, *J Food Eng*, 2002, 55, 337–342.
3. Fischer N. and Widder S. How proteins influence food flavor, *Food Technol*, 1997, 51(1), 68–70.
4. Kavas G., Oysun G., Kinik O., Uysal H. Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese, *Food Chem*, 2004, 88, 381–388.
5. Giese J. Fat, oils and fat replacers, *Food Technol*, 1996, 50(4), 78–84.
6. Giese J. Proteins as ingredients: types, functions, applications, *Food Technol*, 1994, 48(10), 50–60.
7. Konuklar G., Inglett G., Warner K., Carriere C. «Use of a  $\beta$  - glucan hydrocolloidal suspension in the manufacture of low-fat cheddar cheeses: textural properties by instrumental methods and sensory panels, *Food Hydrocolloids Journal*, 2004, 18, 535-545.
8. Roller S., Jones S. *Handbook of Fat Replacers*, 1996, CRC Press, London.
9. Sanchez C., Paquin P. Protein and protein-polysaccharide microparticles, In Damodaran S, Paraf A, *Food Proteins and their Applications*, 1997, Marcel Dekker, New York, Bassel, Hong Kong, 503–528.
10. Wilkinson C., Dijksterhuis G., Minekus M. From food structure to texture, *Trends Food Sci Technol*, 2000, 11, 442–450.
11. Kulozik U., Tolkach A., Bulca S., Hinrichs J. The role of processing and matrix design in development and control of microstructure in dairy food production – a survey, *Int Dairy J.*, 2003, 13, 621–630.
12. Dickinson E., Yamamoto Y. Rheology of milk gels and protein-stabilized emulsion gels cross-linked with transglutaminase, *J. Agric Food Chem*, 1996, 44, 1371– 1377.
13. Kunst T. *Handbook of Food Enzymology*, Marcel Dekker, New York, 2003, 221–236.
14. Panyam D., Kilara A. Enhancing the functionality of food proteins by enzymatic modification, *Trends Food Sci Technol*, 1996, 7, 120–125.
15. Stapelfeldt H., Petersen P., Kristiansen K., Qvist K., Skibsted L. Effect of high hydrostatic pressure on the enzymic hydrolysis of  $\beta$ -lactoglobulin B by trypsin, thermolysin and pepsin, *J. Dairy Res.*, 1996, 63, 111–118.
16. Chen S., Swaisgood H., Foegeding E. Gelation of  $\beta$ -lactoglobulin treated with limited proteolysis by immobilized trypsin, *J. Agric Food Chem*, 1994, 42, 234–239.

17. Singh A., Dalgleish D. The emulsifying properties of hydrolyzates of whey proteins, *J. Dairy Sci*, 1998, 81, 918–924.
18. Konrad G, Kleinschmidt T, Rohenkohl H., Reimerdes E. Peptic partial hydrolysis of whey protein concentrate for modifying the surface properties of whey protein. I. Optimization of hydrolysis conditions, *Milchwissenschaft*, 2005, 60(1), 59–62.
19. Chobert J., Briand L., Gunguen J., Popineau Y. Recent advances in enzymatic modifications of food proteins for improving their functional properties, *Nahrung*, 1996, 40(4), 177–182.
20. Rahali V., Chobert J., Haert T., Gunguen J. Emulsification of chemical and enzymatic hydrolysates of  $\beta$ -lactoglobulin: characterization of the peptides adsorbed at the interface, *Nahrung*, 2000, 44, 89–95.
21. Kuraishi C., Yamazaki K., Susa Y. Transglutaminase: its utilization in the food industry, *Food Rev Int*, 2001, 17(2), 221–246.
22. Zhu Y., Rinzema A., Tramper J., Bol J., Microbial transglutaminase – a review of its production and application in food processing, *Appl Microbiol Biotechnol*, 1995, 44, 277– 282.

УДК 664.951

## ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПРОМЫВКИ РЫБНЫХ БЕЛКОВЫХ МАСС ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫМИ РАСТВОРАМИ

**Маевская Т.Н., аспирант, Виннов А.С., канд. техн. наук, доцент  
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев**

*Экспериментально подтверждена целесообразность использования анолитов для промывки рыбных белковых масс. Представлена математическая модель и указаны оптимальные параметры процесса промывки на основе изучения динамики накопления белковых веществ в промывочной жидкости.*

*Experimentally verified the feasibility of using anolytes wash FPM. A mathematical model and identifies the optimal parameters of the extraction process on the dynamics of accumulation of proteins in the circulating fluid.*

Ключевые слова: рыбная белковая масса, промывка, белковые вещества, анолит.

В последнее время широкое распространение получила переработка различных малоценных видов рыб для получения различных имитированных продуктов – мяса ракообразных, филе ценных видов рыб и др. Основой этих продуктов является промытая (стабилизированная) рыбная белковая масса (РБМ), которая может быть получена из пресноводного культивированного сырья, объемы производства которого в Украине постоянно возрастают. Промывка измельченного сырья является одним из наиболее важных и трудоемких процессов при производстве РБМ. Именно эффективность извлечения во время промывки белков саркоплазмы, ферментов, нуклеотидов, небелковых азотистых веществ обеспечивает высокие показатели качества белковой массы типа «сурими».

В этой связи разработка способов и режимов промывки белковых масс из пресноводного сырья является своевременной и актуальной задачей.

Традиционно в качестве промывочной жидкости используется пресная вода, однако различными исследованиями отмечено, что использование с этой целью кислых растворов, к примеру, органических кислот - лимонной и янтарной кислот [1], является более эффективным. Также было установлено, что использование для промывки кислого анолита, полученного в результате электролиза пресной воды в мембранных электролизерах, позволяет получить продукт с лучшими органолептическими свойствами [2]. Спектрофотометрические исследования промывочных растворов [3,4] подтвердили, что анолит вымывает азотистые вещества по сравнению с водой и растворами минеральных кислот (при одинаковой ионной силе раствора) более эффективно. Однако сведения об оптимальных параметрах процесса промывки РБМ анолитами в литературных источниках отсутствуют.

Таким образом, цель настоящего исследования состоит в определении оптимальных параметров процесса промывки РБМ анолитами.

Для достижения поставленной цели в экспериментальной части работы были рассмотрены следующие задачи:

- получить уравнение регрессии, описывающее процесс экстракции водорастворимых компонентов РБМ анолитами;
- определить оптимальные условия и точку максимума экстракции;