

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСТРУЗИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Фролов Д.И.

В настоящей статье рассмотрено современное применение экструзионных технологий в пищевой промышленности. Кроме того, проанализированы аспекты и преимущества применения экструзии для разработки функциональных продуктов.

Ключевые слова: *экструзия, функциональные продукты, гидроколлоиды, заменитель жира, гликемический индекс.*

Введение

Модифицированная функциональность экструдированной муки предлагает широкое применение в пищевой промышленности в качестве загустителей, желирующих агентов, функциональных ингредиентов и заменителей жира. Недавние публикации критически подчеркивают потенциал экструдированной муки в качестве функциональных закусок, хлопьев для завтрака, в качестве добавок к хлебу и майонезу [1, 2].

Целью настоящего исследования является обзор экструзионных технологий для применения в пищевой промышленности в качестве загустителей, желирующих агентов, функциональных ингредиентов и заменителей жира.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования является обобщение результатов исследований применения экструзии для разработки функциональных закусок и других продуктов, улучшающих потребительские свойства.

Результаты и их обсуждение

Экструзионная кулинария широко использовалась при переработке пшеничной, кукурузной и рисовой муки для разработки готовых к употреблению закусочных продуктов. Как это ни парадоксально с точки зрения питания, такие продукты богаты крахмалом и жирами и содержат мало клетчатки; тем самым, имея высокую гликемическую нагрузку; известно, что это вызывает детское ожирение и диабет 2 типа [3, 4]. Кроме того, подавляющее число закусок имеют недостаточную концентрацию незаменимых аминокислот и, следовательно, имеют низкую протеиновую и биологическую ценность. Это требует обогащения снеков высоким содержанием белка, пищевых волокон, минеральных веществ, фенолов, чтобы квалифицировать их в качестве функциональных продуктов. Использование цельного зерна, проса, бобовых и других ингредиентов естественного происхождения является

благоприятным разрешением в разработке функциональных закусок.

Бобовые в настоящее время рассматриваются как функциональные зерна без глютена с высоким содержанием пищевых волокон и сложных углеводов, что приводит к низкому гликемическому индексу в экструзионных составах [5]. В последние годы большое внимание уделялось оценке пригодности бобовых (соя, нут, бобы, горох, чечевица и т. д.) в экструдированных снеках. Применение бобовых в экструзии показало их хороший индекс расширения, притом они считаются очень целесообразными для разработки низкокалорийных закусок с высокой окупаемостью.

Известно, что потребление проса снижает риск сердечнососудистых заболеваний и некоторых видов рака, благоприятно влияет на уровень липидов и глюкозы в крови, повышает резистентность к инсулину [6]. Таким образом, просо представляет собой превосходное средство для введения более высоких концентраций пищевых волокон в готовые к употреблению продукты. Включение пшеничной муки вместо добавления очищенного волокна является экономически эффективным способом увеличения содержания пищевых волокон в экструдированных продуктах. Это привело к исследованию экструдированных закусок на основе проса.

Наряду с бобовыми и просом недавний сдвиг в использовании ингредиентов природного происхождения в экструдированных закусках был в основном направлен на снижение гликемического индекса и усиление ингибирующего действия на альфа-глюкозидазу для облегчения профилактики диабета 2 типа. Многообещающие зерна, такие как амарант, квиноа или канива, и пищевые ингредиенты, такие как фрукты, овощи и травы или их побочные продукты, проходят тестирование для разработки приемлемых закусок [7]. Экструдированные продукты, окрашенные натуральными фруктами или овощами, могут заинтересовать потребителей, заинтересованных в здоровых продуктах. В этом контексте обезвоженные фруктовые порошки, богатые антоцианинами и каротиноидами, используются для обогащения экструдатов природными пигментами для повышения их цветовой привлекательности и общего антиоксидантного эффекта.

Экструзионная обработка может регулировать усвояемость крахмала, что рассматривается как важнейший фактор в формировании гликемического ответа. В настоящее время существует две параллельные преобладающие теории о перевариваемости крахмала экструдированных продуктов. Первая теория относит экструдированные продукты к категории продуктов с высоким гликемическим индексом (ГИ) [8]. Это основано на том факте, что частичная желатинизация и фрагментация крахмала, структурные и конформационные изменения в белке имеют тенденцию улучшать общую усвояемость. Демполимеризация крахмала делает крахмал легко доступным для амилолитических ферментов во время расщепления, и, следовательно, экструдированные закусочные продукты имеют тенденцию давать более высокий гликемический ответ по сравнению с их необработанными ингредиентами. С другой стороны, вторая теория относит их к категории продуктов с низким гликемическим индексом. Это основано на том факте, что экструзия также изменяет конформацию крахмала; меньшие единицы амилозы и амилопектина, которые могут поперечно сшиваться, образуя новые, не усваиваемые связи и, следовательно, снижают гликемический индекс [9]. Образование комплексов амилозы-липида сильно вовлечено в эти реакции.

Гликемический индекс пищи на основе крахмала, подвергающейся экструзии, зависит от многих факторов, таких как степень желатинизации крахмала, типы нативных кристаллических структур, соотношение амилоза/амилопектин и образование комплексов между крахмалом и белком или липидом и устойчивым крахмалом [10]. Крахмалистые продукты с высоким содержанием амилозы связаны с более низким уровнем глюкозы в крови и более медленным опорожнением желудочно-кишечного тракта человека по сравнению с продуктами с низким уровнем амилозы [11]. Также содержание амилозы рассматривается как основной определяющий фактор для производства устойчивого крахмала во время экструзии. Вероятно, это связано с повышенной тенденцией ретроградации с образованием сильных межмолекулярных водородных связей во фракции амилозы. Помимо амилозы, устойчивый (резистентный, неперевариваемый) крахмал (РК) является еще одним фактором, которому уделяется большое внимание из-за его пользы для здоровья и функциональных свойств. Устойчивый крахмал – это крахмал, который избегает пищеварения в тонкой кишке и может перевариваться в толстой кишке. Было показано, что экструзионная обработка увеличивает как амилозу, так и устойчивый крахмал. Это происходит главным образом из-за сдвигающего эффекта экструзии, что приводит к высвобождению большего количества крахмала и увеличению содержания амилозы.

Существует ряд исследований о влиянии экструзии на формирование резистентного крахмала; большинство из которых было сделано на чистых

крахмалах, таких как пшеничный крахмал, кукурузный крахмал, картофельный крахмал и зерновые культуры, такие как пшеница и ячмень [12]. Об увеличении содержания амилозы после экструзии в гречневом крахмале ранее сообщалось исследователями [9]. Авторы связывают этот эффект с деградацией амилопектиновых, амилопектин-амилозных взаимодействий в гранулах крахмала во время модификаций. Экструзия дает желатинизированный крахмал с повышенной тенденцией к ретроградации, что способствует образованию РК. Некоторые исследователи предполагают, что высокая влажность во время экструзии является наиболее благоприятными условиями для увеличения выхода РК [13]. Высокий резистентный крахмал в экструдированной муке может положительно влиять на функционирование пищеварительного тракта, микробную флору и уровень холестерина в крови, тем самым снижая ГИ и помогая контролировать диабет [14].

Особое внимание в хлебобулочных изделиях заслуживает особый профиль питания не содержащих глютен зерен, содержащих большое количество клетчатки, микроэлементов, не содержащих глютен белков и фитохимикатов. Тем не менее, тесто из неглютеновых зерен не обладает растяжимостью, эластичностью, когезионностью из-за разбавления глютена, что делает их промышленную обработку более сложной, а также оказывает вредное влияние на технологические и текстурные свойства, особенно низкое удержание газа, плохую текстуру мякиша и более быстрое сваливание. На промышленном уровне эти дефекты можно преодолеть с помощью технологических добавок, таких как ферменты, модифицированные крахмалы и главным образом гидроколлоиды, чтобы компенсировать вязкоупругие свойства глютена. Гидроколлоиды связываются с водой, обладая высокой загущающей и гелеобразующей способностью, что обуславливает улучшение функциональности теста.

Экструдированная мука в виде предварительно желатинизированного крахмала имитирует вязкоупругость пшеничного теста в неглютеновых составах для хлебобулочных изделий, поэтому может использоваться в качестве интересной альтернативы гидроколлоидам. Ряд исследователей подчеркивали положительное влияние экструдированной пшеничной муки, кукурузной муки, пшеничных отрубей, муки маниоки и рисовой муки на технологические, текстурные и сенсорные свойства клейковины и безглютенового хлеба. Рисовая мука, экструдированная при уровне влажности 20% и 180°C, была успешно использована для создания безглютенового теста в качестве нового заменителя глютена. Подкисление экструдированной рисовой муки дополнительно улучшило цвет корки и текстуру [15]. Рисовая мука, экструдированная при экструзионных обработках высокой интенсивности, дает тесто с более высоким модулем упругости и консистенцией, следовательно, с высоким выходом хле-

ба. Тем не менее, хлеб показал меньшую выработку теста, меньший удельный объем и большую твердость [1]. Авторы пришли к выводу, что для преодоления этих дефектов необходим правильный выбор экструзионной обработки и размера частиц муки. Недавно исследователи показали положительное влияние экструдированной рисовой муки на улучшение текстурного качества выпечки [16].

Помимо рисовой муки, экструдированная кукурузная мука и экструдированные пшеничные отруби также использовались для улучшения физико-химических свойств хлеба. Экструдированные отруби в сочетании с улучшителем показали лучшие результаты с точки зрения увеличения объема хлеба. Замена пшеничной муки экструдированной пшеничной мукой (5%) не изменила поведение теста при перемешивании, обработке и ферментации и не оказала вредного влияния на качество хлеба, скорее увеличила водопоглощающую способность теста и выход хлеба. Было показано, что использование экструдированной пшеничной муки (5%), компенсирует основную проблему более длительного времени расстойки хлеба, приготовленного из замороженного теста. Включение экструдированной муки обеспечивает большее количество сбраживаемых сахаров и уменьшает время расстойки (на 52%) и время выпекания, позволяя увеличить выход хлеба [17]. Исходя из вышеизложенных результатов исследований, очевидно, что экструзия может быть использована в качестве превосходного инструмента для изменения функциональности муки без глютена для потребителей, в том числе больных целиакией. Пациентам с глютеновой болезнью требуется строгое соблюдение в течение всей жизни безглютеновой диеты, лишенной синтетических добавок. С этой точки зрения, экструзия может обеспечить качество безглютеновых продуктов для больных целиакией. Экструдированная мука (особенно пшеничная мука) также может эффективно применяться в составных диетах на основе пшеницы для обеспечения высокого содержания клетчатки и фитохимического состава [18].

Таким образом, кажется, что экструзия является более рентабельной, экономичной и легко адаптируемой технологией, чем альтернативные сложные технологии (обработка под высоким давлением, микрофлюидизация), которые в последнее время исследуются для изменения функциональности теста без клейковины [19].

Чрезмерное потребление жиров связано с такими проблемами со здоровьем человека, как ожирение, сердечно-сосудистые заболевания и некоторые виды рака. Поэтому наблюдается растущая тенденция к использованию продуктов с низким содержанием жира, чтобы удовлетворить потребности потребителей, которые больше озабочены проблемами со здоровьем. Тем не менее, трудно поддерживать качество пищи, приготовленной с пониженным содержанием жира. Удаление жира сильно влияет на стабильность эмульсии мас-

ло-вода и вызывает нежелательные изменения физико-химических и сенсорных свойств пищевых продуктов; особенно в майонезах [20]. Заменители жира обычно используются для улучшения этих свойств продуктов с низким содержанием жира. Заменители жира – это ингредиенты или добавки, которые обычно оказывают загущающее действие; имеет тенденцию увеличивать вязкость непрерывной фазы, замедляют движение капли и, следовательно, увеличивают стабильность эмульсии. В настоящее время в качестве заменителя жира используются различные типы камеди (ксантановая, коньячная, гуаровая и пектиновая) и растворимые волокна. Несколько исследователей предположили, что крахмалы, модифицированные физическими, химическими или ферментативными процессами, также могут быть использованы в качестве заменителей жира в майонезах с низким содержанием жира [21]. Использование модифицированных крахмалов в составах с низким содержанием жира обусловлено, прежде всего, их низкой стоимостью, уникальной кремообразной текстурой и способностью придавать желаемые характеристики текучести. Крахмалы, модифицированные гидротермальными обработками, такими как экструзия, могут быть интересной альтернативой преобладающим заменителям жира без использования каких-либо химических веществ. Экструзия вызывает желатинизацию крахмалов; степень зависит от влажности, температуры и скорости шнека. Экструдированная или предварительно желатинизированная мука обладает более высоким водопоглощением, растворимостью в воде, загущающей способностью в холодной воде и гладкой текстурой, чем нативная мука. Улучшенную функциональность экструдированной муки можно применять во многих пищевых продуктах в качестве загустителей и гелеобразующих агентов, позволяя использовать их в качестве заменителя жира в эмульсиях масло-в-воде.

Майонез с пониженным содержанием жира может быть получен путем замены части масла экструдированным восковым рисовым крахмалом. Влияние экструдированной кукурузной муки в качестве заменителя жира в майонезе также было изучено исследователями [2]. Результаты показали, что если соотношение муки и воды в пасте контролируется, экструдированная кукурузная мука подходит для приготовления эмульсии масло-вода с пониженным содержанием жира с реологическими свойствами, аналогичными полному жиру, и большей стабильностью при замораживании-оттаивании. Группа также оценила влияние предварительно желатинизированной экструдированной пшеничной муки в качестве заменителя жира (заменители жира 1/3, 2/3 и 3/3) в рецептуре выпечки с низким содержанием жира [2]. Экструдированная мучная паста помогает минимизировать сенсорные изменения в кексе с пониженным содержанием жира и может эффективно использоваться в рецептурах выпечки с заменой жира до 2/3. Перспективы

использования экструдированной муки в качестве заменителей жира могут предоставить инновационные решения для хлебопекарной промышленности, ищущей альтернативные ингредиенты природного происхождения.

Выводы

На основании проанализированной литературы можно смело сделать вывод, что экструзия является очень перспективной технологией для разработки качественных функциональных продуктов.

Улучшенная функциональность экструдированной муки может быть эффективно использована при разработке новых безглютеновых продуктов, с высоким содержанием клетчатки, с низким содержанием жира. Перспективна данная технология в сегменте функциональных продуктов для лечения заболеваний, связанных с образом жизни, особенно диабета 2 типа. Дальнейшие исследования по данной тематике могут помочь индустрии мучных и кондитерских изделий разработать инновационные продукты, отвечающие потребностям потребителей.

Список литературы

- [1] Martinez M., Oliete B., Roman L., and Gomez M. Influence of the addition of extruded flours on rice bread quality. *J. Food Quality*, 2014, No.37, 83–94.
- [2] Roman L., Santos S., Martinez M. M., and Gomez M. Effect of extruded wheat flour as a fat replacer on batter characteristics and cake quality. *J. Food Sci. Technol.*, 2015, No.52, 8188–8195.
- [3] Brennan M. A., Derbyshire E., Tiwari B. K., and Brennan C. S. Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snack. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2013, No.48, 893–902.
- [4] Omwamba M. and Mahungu S. M. Development of a protein-rich ready-to-eat extruded snack from a composite blend of rice, sorghum and soybean flour. *Food Nutr. Sci.*, 2014, No.5, 1309–1317.
- [5] Asif M., Rooney L. W., Ali R., and Riaz M. N. Application and opportunities of pulses in food system: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2013, No.53, 1168–1179.
- [6] Kaur K. D., Jha A., Sabikhi L., and Singh A. K. Significance of coarse cereals in health and nutrition: a review. *J. Food Sci. Technol.*, 2014, No.51, 1429–1441.
- [7] Ramos Diaz J. M., Suuronen J. P., Deegan K. C., Ritva S., Tuorila H., and Jouppila K. Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kaniwa flour. *LWT-Food Sci Technol.*, 2015, No.64, 1047–1056.
- [8] Onwulata C. I., Thomas A. E., Cooke P. H., Phillips J. H., Carvalho C.W. P., Ascheri J. L. R., and Tomasula P. M. Glycemic potential of extruded barley, cassava, corn, and quinoa enriched with whey proteins and cashew pulp. *Int. J. Food Prop.*, 2010, No.13, 338–359.
- [9] Liu H., Guo X., Li W., Wang X., Manman I., Peng Q., and Wang M. Changes in physicochemical properties and in vitro digestibility of common buckwheat starch by heat-moisture treatment and annealing. *Carbo. Polym.*, 2015, No.132, 237–244.
- [10] Feng Y. and Lee Y. Effect of specific mechanical energy on in- vitro digestion and physical properties of extruded rice-based snacks. *Food Nutr. Sci.*, 2014, No.5, 1818–1827.
- [11] Tacer-Caba Z., Nilufer-Erdil D., Boyacioglu M. H., and Ng P. K. W. Evaluating the effects of amylose and Concord grape extract powder substitution on physicochemical properties of wheat flour extrudates produced at different temperatures. *Food Chem.*, 2014, No.157, 476–484.
- [12] Kim J. H., Tanhehco E. J., and Ng P. K. W. Effect of extrusion conditions on resistant starch formation from pastry wheat flour. *Food Chem.*, 2006, No.99, 718–723.
- [13] Huth M., Dongowski G., Gebhardt E., and Flamme W. Functional properties of dietary fibre enriched extrudates from barley. *J. Cereal Sci.*, 2000, No.32, 115–128.
- [14] Fuentes-Zaragoza E., Riquelme-Navarrete M. J., Sanchez-Zapata E., and Perez- Alvarez J. A. Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Res. Int.*, 2010, No.43, 931–942.
- [15] Clerici M. T. P.S., and Chang Y. K. Effect of extruded wheat flour and pre-gelatinized cassava starch on process and quality parameters of French-type bread elaborated from frozen dough. *Food Res. Int.*, 2015, No.76, 402–409.
- [16] Jeong S., Kang W. S., and Shin M. Improvement of the quality of gluten-free rice pound cake using extruded rice flour. *Food Sci. Biotechnol.*, 2013, No.22, 173–180.
- [17] Ortolan F., Brites L. T. G., Montenegro F. M., Schmiele M., Steel C. J., Clerici M. T. P.S., and Chang Y. K. Effect of extruded wheat flour and pre-gelatinized cassava starch on process and quality parameters of French-type bread elaborated from frozen dough. *Food Res. Int.*, 2015, No.76, 402–409.
- [18] Koletta P., Irakli M., Papageorgiou M., and Skendi A. Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours. *J. Cereal Sci.*, 2014, No.60, 561–568.
- [19] Gomez M. and Martinez M. M. Changing flour functionality through physical treatments for the production of gluten-free baking goods. *J. Cereal Sci.*, 2015, No.67, 68–74.

- [20] Ma Z. and Boye J. I. Advances in the design and production of reduced-fat and reduced-cholesterol salad dressing and mayonnaise: A review. *Food Bioproc. Technol.*, 2011, No.6, 648–670.
- [21] Teklehaimanot W. H., Duodu K. G., and Emmambux M. N. Maize and teff starches modified with stearic acid as potential fat replacer in low calorie mayonnaise-type emulsions. *Starch-Starke*, 2013, No.65, 773–781.

EXTRUSION TECHNOLOGY APPLICATION FUNCTIONALITY

Frolov D.I.

This article discusses the current use of extrusion technology in the food industry. In addition, aspects and benefits of using extrusion for the development of functional products are analyzed.

Keywords: *extrusion, functional products, hydrocolloids, fat substitute, glycemic index.*

References

- [1] Martinez M., Oliete B., Roman L., and Gomez M. Influence of the addition of extruded flours on rice bread quality. *J. Food Quality*, 2014, No.37, 83–94.
- [2] Roman L., Santos S., Martinez M. M., and Gomez M. Effect of extruded wheat flour as a fat replacer on batter characteristics and cake quality. *J. Food Sci. Technol.*, 2015, No.52, 8188–8195.
- [3] Brennan M. A., Derbyshire E., Tiwari B. K., and Brennan C. S. Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snack. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2013, No.48, 893–902.
- [4] Omwamba M. and Mahungu S. M. Development of a protein-rich ready-to-eat extruded snack from a composite blend of rice, sorghum and soybean flour. *Food Nutr. Sci.*, 2014, No.5, 1309–1317.
- [5] Asif M., Rooney L. W., Ali R., and Riaz M. N. Application and opportunities of pulses in food system: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2013, No.53, 1168–1179.
- [6] Kaur K. D., Jha A., Sabikhi L., and Singh A. K. Significance of coarse cereals in health and nutrition: a review. *J. Food Sci. Technol.*, 2014, No.51, 1429–1441.
- [7] Ramos Diaz J. M., Suuronen J. P., Deegan K. C., Ritva S., Tuorila H., and Jouppila K. Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kaniwa flour. *LWT-Food Sci Technol.*, 2015, No.64, 1047–1056.
- [8] Onwulata C. I., Thomas A. E., Cooke P. H., Phillips J. H., Carvalho C.W. P., Ascheri J. L. R., and Tomasula P. M. Glycemic potential of extruded barley, cassava, corn, and quinoa enriched with whey proteins and cashew pulp. *Int. J. Food Prop.*, 2010, No.13, 338–359.
- [9] Liu H., Guo X., Li W., Wang X., Manman I., Peng Q., and Wang M. Changes in physicochemical properties and in vitro digestibility of common buckwheat starch by heat-moisture treatment and annealing. *Carbo. Polym.*, 2015, No.132, 237–244.
- [10] Feng Y. and Lee Y. Effect of specific mechanical energy on in- vitro digestion and physical properties of extruded rice-based snacks. *Food Nutr. Sci.*, 2014, No.5, 1818–1827.
- [11] Tacer-Caba Z., Nilufer-Erdil D., Boyacioglu M. H., and Ng P. K. W. Evaluating the effects of amylose and Concord grape extract powder substitution on physicochemical properties of wheat flour extrudates produced at different temperatures. *Food Chem.*, 2014, No.157, 476–484.
- [12] Kim J. H., Tanhehco E. J., and Ng P. K. W. Effect of extrusion conditions on resistant starch formation from pastry wheat flour. *Food Chem.*, 2006, No.99, 718–723.
- [13] Huth M., Dongowski G., Gebhardt E., and Flamme W. Functional properties of dietary fibre enriched extrudates from barley. *J. Cereal Sci.*, 2000, No.32, 115–128.
- [14] Fuentes-Zaragoza E., Riquelme-Navarrete M. J., Sanchez-Zapata E., and Perez- Alvarez J. A. Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Res. Int.*, 2010, No.43, 931–942.
- [15] Clerici M. T. P.S., and Chang Y. K. Effect of extruded wheat flour and pre-gelatinized cassava starch on process and quality parameters of French-type bread elaborated from frozen dough. *Food Res. Int.*, 2015, No.76, 402–409.
- [16] Jeong S., Kang W. S., and Shin M. Improvement of the quality of gluten-free rice pound cake using extruded rice flour. *Food Sci. Biotechnol.*, 2013, No.22, 173–180.
- [17] Ortolan F., Brites L. T. G., Montenegro F. M., Schmiele M., Steel C. J., Clerici M. T. P.S., and Chang Y. K. Effect of extruded wheat flour and pre-gelatinized cassava starch on process and quality parameters of French-type bread elaborated from frozen dough. *Food Res. Int.*, 2015, No.76, 402–409.
- [18] Koletta P., Irakli M., Papageorgiou M., and Skendi A. Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours. *J. Cereal Sci.*, 2014, No.60, 561–568.

- [19] Gomez M. and Martinez M. M. Changing flour functionality through physical treatments for the production of gluten-free baking goods. *J. Cereal Sci.*, 2015, No.67, 68–74.
- [20] Ma Z. and Boye J. I. Advances in the design and production of reduced-fat and reduced-cholesterol salad dressing and mayonnaise: A review. *Food Bioproc. Technol.*, 2011, No.6, 648–670.
- [21] Teklehaimanot W. H., Duodu K. G., and Emmambux M. N. Maize and teff starches modified with stearic acid as potential fat replacer in low calorie mayonnaise-type emulsions. *Starch-Starke*, 2013, No.65, 773–781.