

Васюкова А.Т., Кусова И.У., Бондаренко Ю.В., Алексеев А.Е., Дышекова М.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕНООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БЕЛКОВОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ЭРИТРИТОЛА

Ключевые слова: белковая смесь, пенообразование, сахарозаменитель, эритритол.

Аннотация. В статье приведен краткий анализ использования натуральных сахарозаменителей в производстве отделочных полуфабрикатов. Показана возможность снижения как общей калорийности продукта, так и потребления сахара в целом, отрицательно влияющего на организм человека. Рассмотрен процесс пенообразования как важный и определяющий в приготовлении отделочного полуфабриката. Цель работы – повышение качества отделочных полуфабрикатов, обогащенных нетрадиционными растительными добавками – подсластителем эритритолом. Объектами исследования являлась белково-углеводная смесь, приготовленная на основе яичного белка и пектина. Установлена зависимость между интенсивностью взбивания и пенообразующими свойствами сбивного полуфабриката – основой для производства отделочного полуфабриката. При взбивании 100 г рецептурной смеси при 560 об/мин. миксера объем увеличился в 1,5 раза, при дальнейшем увеличении интенсивности взбивания до 1200 об/мин. был отмечен максимальный объем, увеличившийся по сравнению с исходным в 4 раза. При увеличении интенсивности взбивания до 2000 об/мин. происходит разжижение структуры отделочного полуфабриката. Для экспериментального образца отделочного полуфабриката характерно максимальное повышение пенообразующей способности в области рН 5,2–5,4. В изоэлектрической точке, соответствующей рН 5,5–7,0, белковые растворы проявляют максимальную пенообразующую способность при температуре 20°C. Анализ полученных данных показывает, что в начале сбивания раствора система активно насыщается воздухом, образуются пузырьки воздуха, которые разделяются. Это приводит к резкому увеличению количества воздуха в смеси и сильному снижению плотности всей сбиваемой массы. Достигнув максимального значения, объемная концентрация воздуха незначительное время остается постоянной, после чего постепенно уменьшается.

Введение

Пенообразование или способность белков образовывать высококонцентрированные системы жидкость-газ, принято называть пенами. Их образование, способствующее получению пенообразующей структуры различными белками (молока, сливок, яйца) возможно в связи с их способностью понижать поверхностное натяжение на грани раздела жидкость-газ. Рядом исследований установлено, что отличными пенообразующими свойствами обладают белки яиц, казеинаты и некоторые растительные белки. Так, Иванова С.А. [3] отмечает, что молочные белки традиционно добавляют для стабилизации различных пищевых продуктов, в том числе и с пенной структурой. Распределение по методу Эрланга пузырьков белковой пены позволили моделировать структуры, в которых более устойчивыми являлись пены белковых растворов с концентрацией от 12%. Концентраты с самым высоким содержанием белка (16%) имели не только большую вспениваемость, но и большую стабилизирующую характеристику [3]. Плотность белковых образцов также увеличивалась с увеличением концентрации белков [10]. У белковых концентратов риса, гидролизованых с помощью ферментных препаратов (БГК), наблюдалась, как отмечают Колпакова В.В., Чумикина Л.В., Арабова Л.И. [4], более высокая растворимость, водосвязывающая, пенообразующая способности, тогда как жиросвязывающие и жироземальгирующие свойства, наоборот, были более низкими, чем у белковых концентратов (БК), не проявляющих протеолизу. Пенообразующая способность у БГК из белого риса равнялась пенообразующей способности яичного альбумина (300%).

К наиболее БК относятся дисперсные системы (эмульсии, пены, суспензии) [5]. Целью данной работы являлось повышение качества отделочных полуфабрикатов, обогащенных нетрадиционными растительными добавками – подсластителем эритритолом.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась белково-углеводная смесь, приготовленная на основе яичного белка и пектина. Массовую долю белка в продукте оценивают по методу Кьельдаля. Плотность полученных образцов определяли по объему вытесненной жидкости заранее взвешенных изделий согласно методике, приведенной в ГОСТ 5902-80 [2].

Результаты исследований

Пенообразование как процесс играет важную роль при приготовлении отделочного полуфабриката. Для изучения влияния продолжительности и интенсивности технологического процесса были проведены эксперименты, различающиеся по времени сбивания и используемой мощности миксера. Проводился эксперимент, при котором взбивали рецептурную смесь для приготовления отделочного полуфабриката при температуре 20°C, в различных временных промежутках от 2 до 15 минут. При сбивании 100 г рецептурной смеси в течение 2 минут объем образовавшейся пены составил 140 см³. При увеличении продолжительности взбивания до 10-12 минут увеличивался объем смеси, что указывает на повышение ее пенообразующих свойств. При взбивании в течение 12 минут был достигнут максимальный объем пены 420 см³. При дальнейшем увеличении времени взбивания до 15 минут пенообразующие свойства смеси снижаются, со значением объема смеси равном 370 см³.

При сравнении влияния продолжительности сбивания рецептурной смеси для экспериментального образца и смеси для контрольного образца отделочного полуфабриката было установлено, что значительного расхождения между полученными данными не прослеживается, что говорит о возможности замещения сахара на эритритол с пектином. Стоит заметить, что продолжительность сбивания имеет предел, после которого объем пены и её устойчивость перестают увеличиваться. Это можно объяснить разрушением образовавшихся воздушных пузырьков, увеличением дисперсности пены и снижением ее стойкости. В результате чего, оптимальным временем сбивания рецептурной смеси для производства сбивного полуфабриката является 10-12 минут. На диаграмме 1 показано изменение объема рецептурной смеси в зависимости от времени взбивания.

В ходе проведения эксперимента была установлена зависимость между интенсивностью взбивания и пенообразующими свойствами сбивного полуфабриката – основой для производства отделочного полуфабриката [1]. При взбивании 100 г рецептурной смеси при 560 об/мин. миксера объем увеличился в 1,5 раза, при дальнейшем увеличении интенсивности взбивания до 1200 об/мин. был отмечен максимальный объем, увеличившийся по сравнению с исходным в 4 раза. Однако при увеличении интенсивности взбивания до 2000 об/мин. пенообразование снизилось, за счет разрушения структуры белкового комплекса.

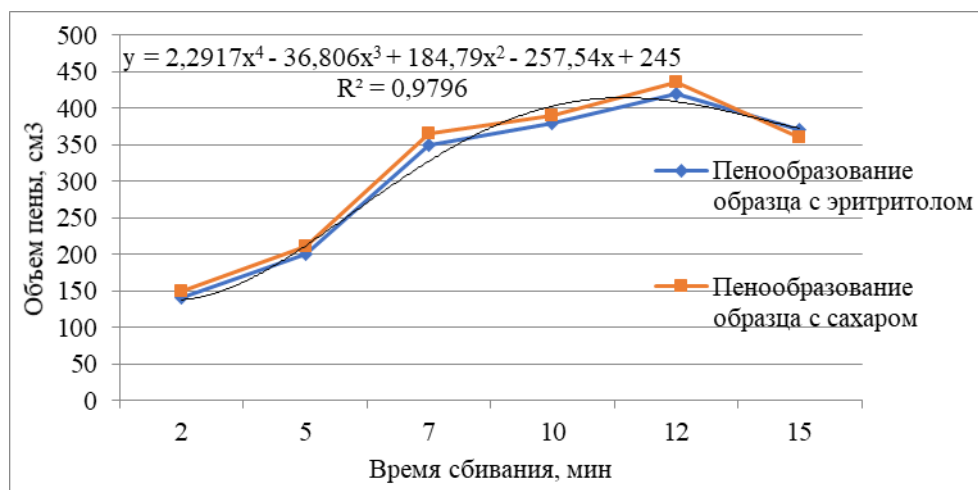


Рисунок 1. Влияние продолжительности взбивания на пенообразующую способность контрольного и экспериментального образцов отделочного полуфабриката

Относительно влияния интенсивности сбивания на процессы пенообразования в контрольном образце с сахаром наблюдаются схожие физико-химические свойства с экспериментальным образцом отделочного полуфабриката, что показано на диаграмме 2.

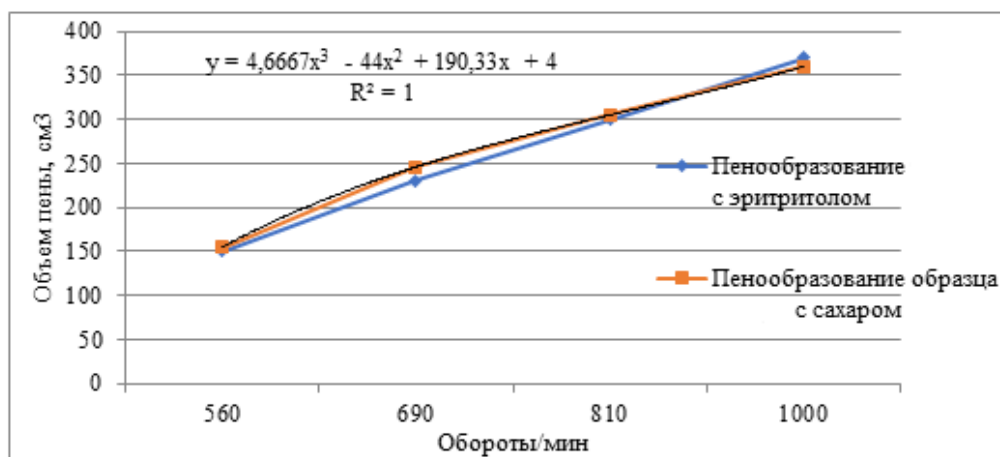


Рисунок 2. Влияние интенсивности взбивания на пенообразующие свойства образцов отделочного полуфабриката

Пенообразующая способность белков увеличивается с увеличением концентрации пенообразователя. В качестве основных пенообразователей при приготовлении отделочного полуфабриката выступает яичный белок и пектин, а также важную роль играет агаро-сахарный сироп. При проведении эксперимента, показывающего влияние рецептурных компонентов на пенообразующую способность, к охлажденному взбитому белку куриного яйца поочередно добавлялись компоненты в соответствии с рецептурой. При добавлении уваренного яблочного пюре объем пены уменьшился на 25%, однако стоит отметить, что при использовании яблочного пюре с пектином объем пены снизился всего на 15%, за счет того, что пектиновые вещества имеют способность к студнеобразованию, в результате чего повышается вязкость жидкости, находящейся между пузырьками.

При взбивании яичного белка с горячим сиропом на основе агара и эритритола, объем пены увеличился на 30% вследствие достижения устойчивости и прочности пены, необходимой при формировании полуфабриката. При интенсивном смешивании температура всей сбиваемой массы значительно повышается, адсорбированный в пленках белок коагулирует, образуя прочные стенки пузырьков. При постепенном застывании сбивной массы происходит охлаждение и желирование агарового раствора, благодаря чему идет формирование студнеобразного каркаса, окружающего пузырьки с воздухом.

Исследование пенообразующих свойств при добавлении сахара к белку куриного яйца показывает уменьшение объема пены, что свидетельствует о снижении пенообразующих свойств смеси. Это связано с тем, что сахар повышает поверхностное натяжение водных растворов смеси и, как следствие, затрудняет их пенообразование. Однако с увеличением содержания сахара в рецептурной смеси увеличивается вязкость раствора, составляющего плёнки пузырьков пены, что затрудняет их разрыв, что способствует увеличению общей стабильности пены. В результате, при взбивании всех компонентов рецептурной смеси в экспериментальном образце отделочного полуфабриката на основе эритритола показатель пенообразования составил на 16,2% меньше, чем при взбивании белка куриного яйца, в сравнении с пенообразованием которого проводилось исследование. Касаясь контрольного образца отделочного полуфабриката с сахаром, пенообразование при взбивании всех рецептурных компонентов составило на 14,8% меньше, чем при взбивании белка куриного яйца. Методика пенообразования заключается в измерении объема пены, образующейся при перемешивании раствора поверхностно-активных веществ в воде. Для проведения эксперимента в мерный

стакан наливают исследуемый раствор в объеме, необходимом для исследования. Раствор перемешивают в течение 30 с. По истечении этого времени замеряют объем образовавшейся пены по делениям на стакане. Через 30 мин проводят повторение измерения объема пены. На рисунке 3 показано влияние различных рецептурных компонентов на пенообразующую способность рецептурной смеси для отделочного полуфабриката на основе эритритола.

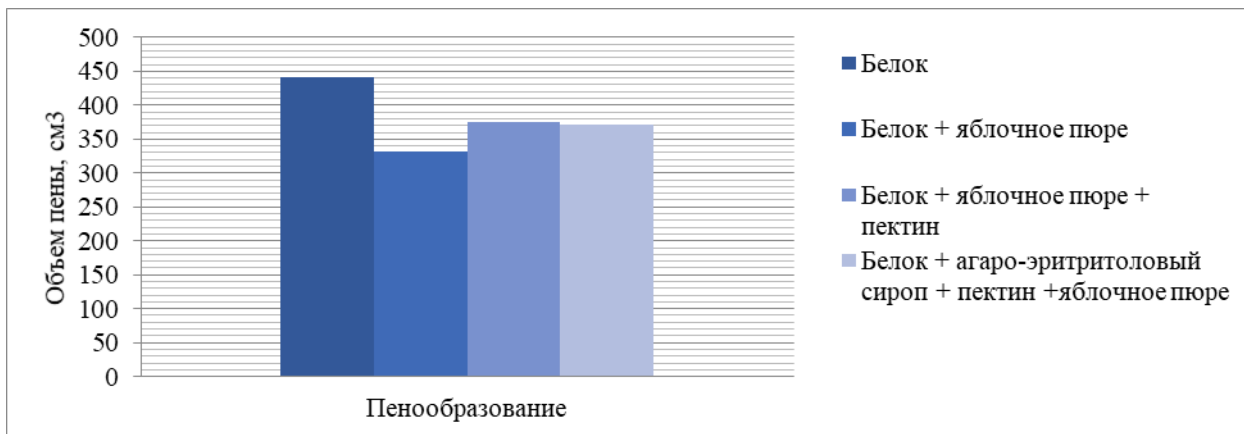


Рисунок 3. Влияние рецептурных компонентов на пенообразующую способность рецептурной смеси отделочного полуфабриката с эритритолом

На диаграмме 4 показано влияние различных рецептурных компонентов на пенообразующую способность контрольной рецептурной смеси для отделочного полуфабриката на основе сахара.

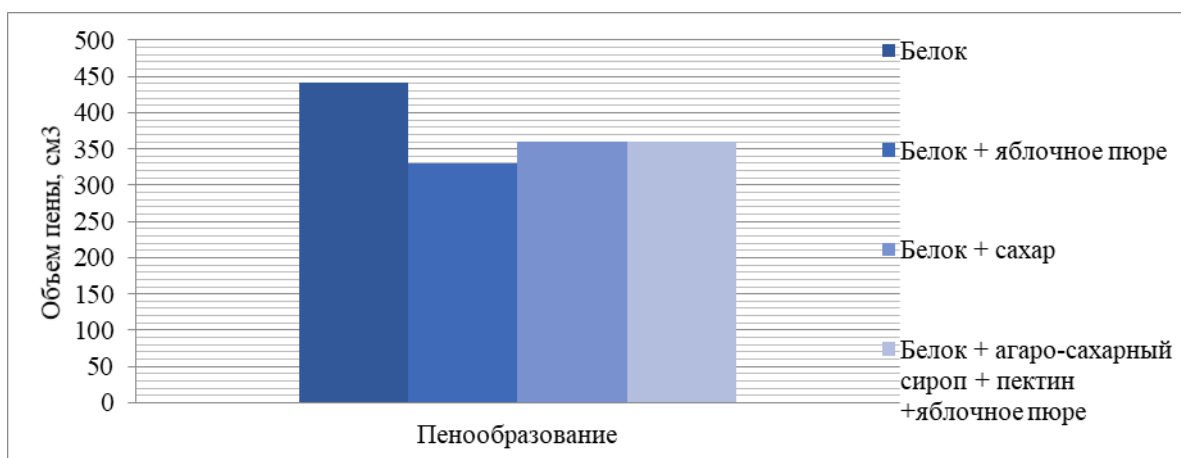


Рисунок 4. Влияние рецептурных компонентов на пенообразующую способность рецептурной смеси для отделочного полуфабриката с сахаром

На пенообразующую способность любых белковых растворов оказывает влияние рН среды. При изменении рН ярко проявляются амфотерные свойства белков. В щелочной среде белки проявляют кислотные свойства, в кислой – щелочные, это значительно влияет на свойства пены. Разумеется, что любой белок при определенном для него значении рН будет иметь суммарный электрический заряд, равный нулю и фактически будет находиться в своей изоэлектрической точке, а величина рН, обуславливающая состояние, изоэлектрической точкой данного белка. В этой точке белок имеет наименьшую растворимость в воде, растворы данного белка обладают минимальной устойчивостью и максимальной способностью к осаждению. Для экспериментального образца отделочного полуфабриката характерно максимальное повышение пенообразующей способности в области рН 5,2–5,4. Это объясняется

тем, что белки в рецептуре смеси в области рН 4,8–5,2 изоэлектрической точки проявляют максимальную пенообразующую способность. Относительно контрольного образца отделочного полуфабриката с сахаром наблюдалось повышение пенообразования в точке рН 5,1–5,2. В изоэлектрической точке, соответствующей рН 5,5–7,0, белковые растворы проявляют максимальную пенообразующую способность. При добавлении электролитов изоэлектрическая точка сдвигается и происходит смещение максимума пенообразования.

Влияние температуры на процесс пенообразования был изучен в ходе эксперимента. При увеличении температуры пенообразующая способность рецептурных смесей и для контрольного и для экспериментального образца увеличивалась, оптимальными температурными режимами для получения пышной и устойчивой пены являлись в диапазоне 20–25°C. При повышении температуры пены пропорционально повышается давление внутри составляющих её пузырьков, увеличивается растворимость поверхностно-активных веществ в растворе, уменьшается поверхностное натяжение раствора. В своей совокупности все эти факторы способствуют некоторому повышению устойчивости пены. Однако при продолжающемся росте температуры усиливаются тепловые колебания молекул пенообразующего раствора, и ослабляется устойчивость поверхностного слоя, образованного этими молекулами, устойчивость пены падает. Вероятно, с повышением температуры системы увеличивалась растворимость белков, и уменьшалось поверхностное натяжение, что способствовало повышению пенообразующей способности. В дополнение к этому вязкость среды снижалась, а это увеличивало скорость вытекания жидкости из массы пены, а также изменяло степень гидратации полярных групп белков, что приводило к общему снижению устойчивости пены.

В самом начале процесса сбивания происходит незначительное уменьшение плотности массы до определенного значения, после чего происходит более значительное ее увеличение. Значение наименьшей плотности и соответственно наибольшего объема достигается в то время, когда массу характеризуют как сбитую, в этот момент масса теряет текучесть и сохраняет придаваемую форму. В общественном питании часто используется описание «устойчивые пики». Превышение необходимого времени сбивания отрицательно сказывается на структуре и устойчивости пены, могут образовываться комки или участки слишком текучие для нормальной сбивной массы. В целом плотность сбиваемой массы может являться критерием, определяющим правильность длительности сбивания.

В начале сбивания раствора система активно насыщается воздухом, образуются пузырьки воздуха, которые разделяются. Это приводит к резкому увеличению количества воздуха в смеси и сильному снижению плотности всей сбиваемой массы. Достигнув максимального значения, объемная концентрация воздуха незначительное время остается постоянной, после чего постепенно уменьшается.

Выводы

1. Чем дольше продолжительность сбивания, тем сильнее увеличивается объём, повышается степень диспергирования и устойчивость пены.
2. Оптимальная продолжительность сбивания 10–12 минут при 1200 об/мин., рН 5,5–7,0 и температуре 20°C.

Список литературы

1. Влияние пищевых добавок на структуру теста / Васюкова А.Т., Кусова И.У., Мошкин А.В. и др. // Вестник ВГУИТ. – 2022. – Т. 84. – № 1 (91). – С. 196–201.
2. ГОСТ 5902-80 Изделия кондитерские. Методы определения степени измельчения и плотности пористых изделий. – М.: Стандартинформ, 2012. – 6 с.
3. Иванова С.А. Пенообразующие свойства концентрата белков обезжиренного молока // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 49. – № 4. – С. 12–18.
4. Колпакова В.В., Чумикина Л.В., Арапова Л.И. Модификация функциональных свойств белковых концентратов из белого и коричневого риса // Вестник ВГУИТ. – 2019. – Т. 81. – № 1. – С. 25–27.

5. Получение и функциональные свойства белков рисовых отрубей из термостабилизированных обезжиренных рисовых отрубей / Х. Дж. Чжан, Х. Чжан, Л. Ван, С.Н. Го // Международная организация пищевых исследований. – 2012. – Т. 47. – С. 359-363.
6. Приоритеты в разработке специализированных пищевых продуктов оптимизированного состава для больных сахарным диабетом 2 типа / В.А. Тутельян, Х.Х. Шарафетдинов, И.А. Лапик и др. // Вопросы питания. – 2014. – № 6. – С. 41-51.
7. Резниченко И.Ю., Сидорова О.С. Разработка диабетических кондитерских изделий // Пищевая промышленность. – 2008. – № 7. – С. 12-15.
8. СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». – М.: Минздрав РФ, 2003. – 249 с.
9. ТР ТС 029/2011. «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». – 428 с.
10. Development of food products enriched with a complex of dietary supplements for children /Vasyukova A.T., Krivoshonok K.V. и др. / Process Management and Scientific Developments. Proceedings of the Inter. Conf. Birmingham, 2022. – Pp. 192-199.

Васюкова Анна Тимофеевна – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: vasyukova-at@yandex.ru

Кусова Ирина Урузмаговна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: ir.kusowa@yandex.ru

Бондаренко Юрий Викторович – аспирант кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного бизнеса ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, e-mail: bondarakys@yandex.ru

Алексеев Александр Евгеньевич – аспирант кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного бизнеса ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, e-mail: sas5791@mail.ru

Дышекова Милана Мухамедовна – аспирант кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: dyshekovamm@mgupp.ru

UDC 664.149:664.162.81

A. Vasyukova, I. Kusova, Yu. Bondarenko, A. Alekseev, M. Dyshekova

A STUDY OF THE FOAMING ABILITY OF A PROTEIN MIXTURE BASED ON ERYTHRITOL

Keywords: protein mixture, foaming, sweetener, erythritol.

Abstract. The article provides a brief analysis of the use of natural sugar substitutes in the production of finishing semi-finished products. The possibility of reducing both the total calorie content of the product and the consumption of sugar in general, which negatively affects the human body, is shown. The process of foaming is considered as important and determining in the preparation of the finishing semi-finished product. The purpose of the work is to improve the quality of finishing semi-finished products enriched with non-traditional herbal additives - the sweetener erythritol. The objects of the study were a protein-carbohydrate mixture prepared on the basis of egg white and pectin. A relationship has been established between the intensity of whipping and the foaming properties of a whipped semi-finished product – the basis for the production of a finishing semi-finished product. When whipping 100 g of the recipe mixture at 560 rpm

of the mixer, the volume increased by 1.5 times, with a further increase in the intensity of whipping to 1200 rpm, the maximum volume was noted, which increased by 4 times compared to the initial one. With a further increase in the whipping intensity up to 2000 rpm, the structure of the finishing semi-finished product liquefies. The experimental sample of the finishing semi-finished product is characterized by the maximum increase in foaming capacity in the pH range of 5.2 – 5.4. At the isoelectric point corresponding to pH 5.5-7.0, protein solutions exhibit maximum foaming capacity at a temperature of 20°C. An analysis of the data obtained shows that at the beginning of the solution churning, the system is actively saturated with air, air bubbles form, and separate. This leads to a sharp increase in the amount of air in the mixture and a strong decrease in the density of the entire churned mass. Having reached the maximum value, the volume concentration of air remains constant for a short time, after which it gradually decreases.

References

1. The effect of food additives on the structure of the dough / Vasyukova A.T., Kusova I.U., Moshkin A.V. et al. / Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2022. – Vol. 84. – No 1 (91). – Pp. 196-201.
2. State standard 5902-80 Confectionery products. Methods for determining the degree of grinding and density of porous products. – M.: Standartinform Publ., 2012. – 6 p.
3. Ivanova S.A. Foaming properties of skimmed milk protein concentrate // Technique and technology of food production. – 2018. – Vol. 49. – No 4. – Pp. 12-18.
4. Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Arabova L.I. Modification of functional properties of protein concentrates from white and brown rice // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2019. – Vol. 81. – No1. – Pp. 25-27.
5. Preparation and functional properties of rice bran proteins from thermally stabilized fat-free rice bran / H. Dzh. Chzhan, H. Chzhan, L. Van, S.N. Go // International Organization for Food Research. – 2012. – Vol. 47. – Pp. 359-363.
6. Priorities in the development of specialized food products of optimized composition for patients with type 2 diabetes mellitus / V.A. Tutel'yan, H.H. Sharafetdinov, I.A. Lapik et al. // Nutrition issues. – 2014. – No 6. – Pp. 41-51.
7. Reznichenko I.Yu., Sidorova O.S. Development of diabetic confectionery products // Food industry. – 2008. – No 7. – Pp. 12-15.
8. Sanitary rules and regulations 2.3.2.1293-03 «Hygienic requirements for the use of food additives». – M.: Ministry of Health of the Russian Federation Publ., 2003. – 249 p.
9. Technical Regulations of the Customs Union 029/2011. «Safety requirements for food additives, flavorings and technological aids». – 428 p.
10. Development of food products enriched with a complex of dietary supplements for children / Vasyukova A.T., Krivosonok K.V. и др. / Process Management and Scientific Developments. Proceedings of the Inter. Conf. Birmingham, 2022. – Pp. 192-199.

Vasyukova Anna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of the Food Industry, Hotel Business and Service of the BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamskoe highway, 11, e-mail: vasyukova-at@yandex.ru

Kusova Irina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Industry, BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: ir.kusowa@yandex.ru

Bondarenko Yury – postgraduate student of the Department of Personalized Dietetics, Hotel and Restaurant Business, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 109004, Moscow, st. Zemlyanoy Val, 73, e-mail: bondarakys@yandex.ru

Alekseev Alexander – postgraduate student of the Department of Personalized Dietology, Hotel and Restaurant Business, Moscow State University of Technology and Management. K.G. Razumovsky, 109004, Moscow, st. Zemlyanoy Val, 73, e-mail: sas5791@mail.ru

Dyshekova Milana – post-graduate student of the Department of Food Industry, BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: dyshekovamm@mgupp.ru