Научная статья/Research Article
УДК 641.1:[658.273:[637.514.5+635.24+635.54]]
DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-246-252

Дмитрий Олегович Еременко[1✉], **Оксана Петровна Чуб**[2]
[1,2]Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия
[1]doeremenko@mail.sevsu.ru
[2]opchub@mail.sevsu.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РУБЛЕНОЙ МЯСНОЙ МАССЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПОЛУФАБРИКАТА ИЗ ТОПИНАМБУРА И КОРНЯ ЦИКОРИЯ

Цель исследования – изучить влияние полуфабриката из топинамбура и корня цикория (ПТЦ) на функционально-технологические (влагоудерживающая (ВУС), водосвязывающая (ВСС) способности) и структурно-механические (вязкость, предельное напряжение сдвига) показатели модельных систем рубленой мясной массы. Объектами исследований были выбраны модельные системы рубленой мясной массы, к которой добавляли восстановленный ПТЦ. Определено, что добавление ПТЦ в состав модельной системы рубленой массы на основе говядины увеличивает ВУС на 7,2–8,6 % по сравнению с контрольным образцом. Введение ПТЦ увеличивает ВУС модельной системы рубленой массы за счет изменения ионной силы свободной влаги говядины. ВСС модельных систем рубленой мясной массы с добавлением ПТЦ в количестве 15 % имеет наилучшие значения, для модельных систем рубленой массы для котлет ВСС составляет 65,32 %, для биточков – 62,33 %. ВСС модельных систем рубленой мясной массы с добавлением ПТЦ в количестве 20 и 25 % уменьшается, консистенция становится плотной. Добавление ПТЦ в количестве 10 или 15 % незначительно влияет на показатели вязкости системы независимо от скорости сдвига, то есть их структура фактически одинакова. Колебания величины напряжения сдвига достаточно значительные в зависимости от состава образцов. С ростом содержания ПТЦ растет напряжение сдвига, свидетельствуя об улучшении формообразующей способности получаемого продукта.

Ключевые слова: *рубленая мясная масса, полуфабрикат, топинамбур, корень цикория, вязкость, влагоудерживающая способность, водосвязывающая способность*

Для цитирования*: Еременко Д.О., Чуб О.П.* Определение функциональных свойств модельных систем рубленой мясной массы с добавлением полуфабриката из топинамбура и корня цикория // Вестник КрасГАУ. 2024. № 2. С. 246–252. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-246-252.

Dmitry Olegovich Eremenko[1✉], **Oksana Petrovna Chub**[2]
[1,2]Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
[1]doeremenko@mail.sevsu.ru
[2]opchub@mail.sevsu.ru

DETERMINATION OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF THE CHOPPED MEAT MASS MODEL SYSTEMS ADDED BY SEMI-FINISHED PRODUCT OF JERUSALEM ARTICHOKE AND CHICORY ROOT

The purpose of research is to study the influence of a semi-finished product from Jerusalem artichoke and chicory root (SFP) on the functional-technological (moisture – retaining (MRA), water-binding (WBA) abilities)

© Еременко Д.О., Чуб О.П., 2024
Вестник КрасГАУ. 2024. № 2. С. 246–252.
Bulliten KrasSAU. 2024;(2):246–252.

and structural-mechanical (viscosity, ultimate shear stress) indicators of model systems of minced meat mass. The objects of research were model systems of minced meat mass, to which reduced SFP was added. It was determined that the addition of SFP to the model system of beef-based minced mass increases the MRA by 7.2–8.6 % compared to the control sample. The introduction of SFP increases the MRA of the model system of minced mass due to a change in the ionic strength of the free moisture of beef. The WBA of model systems of minced meat mass with the addition of SFP in an amount of 15 % has the best values; for model systems of minced mass for cutlets, the WBA is 65.32 %, for meatballs – 62.33 %. The WBA of model systems of minced meat mass with the addition of SFP in amounts of 20 and 25 % decreases, the consistency becomes dense. The addition of SFP in an amount of 10 or 15 % has little effect on the viscosity of the system regardless of the shear rate, that is, their structure is virtually the same. Fluctuations in the magnitude of shear stress are quite significant depending on the composition of the samples. As the SFP content increases, the shear stress increases, indicating an improvement in the form-forming ability of the resulting product.

***Keywords**: minced meat mass, semi-finished product, Jerusalem artichoke, chicory root, viscosity, water-holding capacity, water-binding capacity.*

***For citation:** Eremenko D.O., Chub O.P.* Determination of functional properties of the chopped meat mass model systems added by semi-finished product of jerusalem artichoke and chicory root // Bulliten KrasSAU. 2024;(2): 246–252 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-246-252.

Введение. Известно, что добавление растительных белков и углеводов в мясные системы, благодаря комплексообразованию, обеспечивает повышение ВУС и ВВС систем [1, 2].

ВУС является одним из важнейших функционально-технологических показателей, определяется как разница между массовой долей влаги в продукте и количеством влаги, удаленной в процессе термической обработки [3].

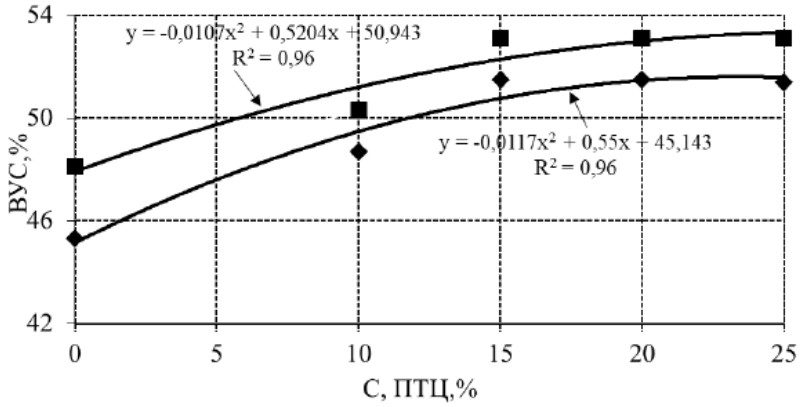
Цель исследования – изучить влияние полуфабриката из топинамбура и корня цикория (ПТЦ) на функционально-технологические (влагоудерживающая (ВУС), водосвязывающая (ВСС) способности) и структурно-механические (вязкость, предельное напряжение сдвига) показатели модельных систем рубленой мясной массы.

Объекты и методы. Объектами исследований были выбраны модельные системы рубленой мясной массы, к которой добавляли восстановленный ПТЦ.

Результаты и их обсуждение. Было проведено определение ВУС модельной системы рубленой массы. Рубленую массу получали измельчением говядины на куттере. К ней добавляли восстановленный ПТЦ в количестве 10, 15, 20 и 25 % с шагом 5 %, для восстановления ПТЦ добавляли воду (температура воды 30 °С, гидромодуль 1 : 3 (ПТЦ : вода) [4, 5]. Такая концентрация ПТЦ обусловлена тем, что количество целевого компонента – инулина при этом составляет от 1,5 г, что соответствует 40 % суточной потребности в функциональном ингредиенте. Это позволяет получить массу функционального назначения [6].

Согласно рисунку 1, определено, что добавление ПТЦ в состав модельной системы рубленой массы на основе говядины увеличивает ВУС на 7,2–8,6 % по сравнению с контрольным образцом. Введение ПТЦ увеличивает ВУС модельной системы рубленой массы за счет изменения ионной силы свободной влаги говядины. Определено, что ВУС модельных систем рубленых масс с добавлением ПТЦ в количестве 15 и 20 % имеет постоянные значения: для котлет – 53,1 %, для биточков – 51,5 %. Анализ полученных данных позволяет утверждать, что рациональной концентрацией ПТЦ в составе модельных систем рубленой массы является концентрация 15 %, так как при добавлении ПТЦ в количестве 20 и 25 % ВУС масс не повышается, а консистенция становится значительно тягучей и прочней.

Следующим важным функционально-технологическим показателем является ВСС. На рисунке 2 приведена зависимость ВСС модельных систем рубленой мясной массы от концентрации ПТЦ.



♦ – модельные системы рубленой массы для биточков, %

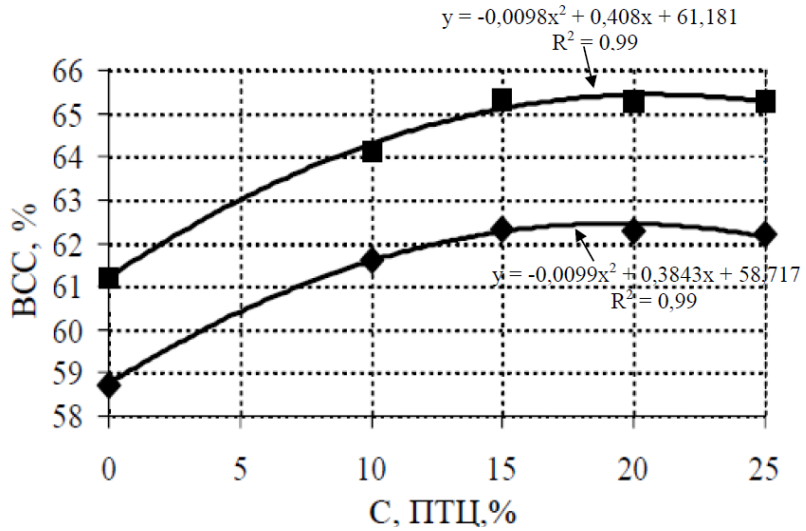
■ – модельные системы рубленой массы для котлет, %

Рис. 1. Зависимость ВУС модельных систем рубленых масс от концентрации ПТЦ

ВСС модельных систем рубленой мясной массы с добавлением ПТЦ в количестве 15 % имеет наилучшие значения, для модельных систем рубленой массы для котлет ВСС составляет 65,32 %, для биточков – 62,33 %. ВСС модельных систем рубленой мясной массы с добавлением ПТЦ в количестве 20 и 25 % уменьшается, консистенция становится более плотной.

Анализ полученных данных позволяет утверждать, что высокая ВВС ПТЦ объясняется содержанием в его составе белков, растворимого полисахарида инулина, клетчатки, пектиновых веществ и растворимых белков печени, которые способны к комплексообразованию. Согласно полученным данным, установлена рациональная концентрация внесения ПТЦ в состав модельных систем рубленых масс, которая составляет 15 %.

Особенности мясных паштетов можно оценивать большим количеством структурно-механических, электрофизических, оптических и других характеристик. При исследовании и расчете конкретных явлений можно игнорировать одни существенные свойства мясных систем и учитывать другие. Но все характеристики продукта напрямую зависят от соответствующих физических характеристик дисперсности системы.



♦ – модельные системы рубленой массы для биточков, %

■ – модельные системы рубленой массы для котлет, %

Рис. 2. Звисимость ВСС модельных систем рубленой мясной массы от концентрации ПТЦ

Рубленая масса относится к системе с неклеточной кристаллической структурой и имеет пластично-вяжущее состояние. По классификации, основанной на агрегатном состоянии фаз, рубленая масса является трехфазной системой, имеет жидкую дисперсионную среду и твердую дисперсную фазу, насыщенную пупырышками воздуха.

По своей структуре мясная рубленая масса относится к связанно дисперсной структуре, в которой одна из фаз структурно закреплена и не может свободно перемещаться. Дисперсность массы характеризует количественные значения параметров полидисперсной системы (характеристики частиц): форма поверхности, удельная поверхность, диаметр частиц, коэффициент вариации диаметров, объем, масса, плотность частицы, объемный коэффициент доли.

Поскольку мясная рубленая масса подвергается дальнейшей технологической обработке и формированию, важной характеристикой является предельное напряжение сдвига, которое определяет формообразующую способность получаемого продукта. Значение этого показателя в основном зависит от изменения технологических и механических факторов.

Введение растительных наполнителей влияет на состояние мясной рубленой массы, для которой характерны следующие основные показатели: вязкость, модуль упругости, предельное напряжение сдвига, пластичность. Поэтому для оценки качества мясных рубленых масс с добавлением ПТЦ важно определить их структурно-механические характеристики.

Были проведены исследования структурно-механических характеристик модельных систем мясных рубленых масс пребиотического действия. Объектом исследования являлись 4 образца модельных систем мясных рубленых масс, основными компонентами которых являются говядина, ПТЦ в количестве 10, 15 и 20 %.

На рисунках 3–5 изображены кривые течения вязкости и напряжения сдвига во времени в зависимости от скорости сдвига.

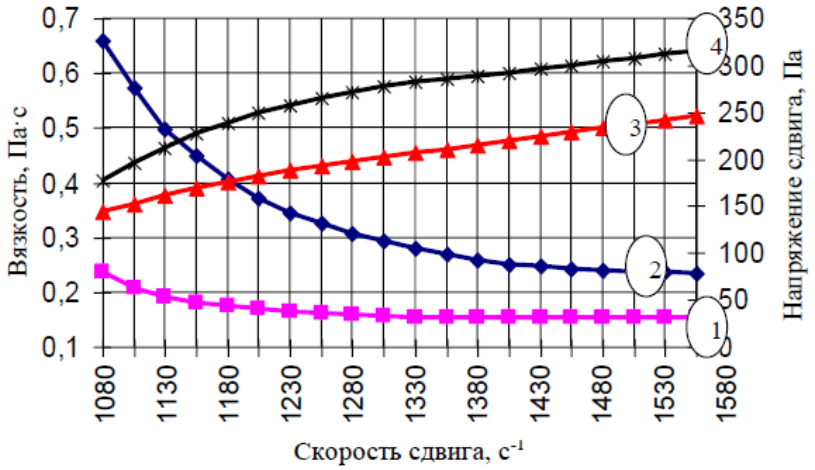


Рис. 3. Кривые течения вязкости и напряжения сдвига модельных систем мясных рубленых масс: 1 – вязкость (контроль); 2 – вязкость (10 % ПТЦ); 3 – напряжение сдвига (контроль); 4 – напряжение сдвига (10 % ПТЦ)

Кривые вязкости и напряжения сдвига, построенные по данным эксперимента, имеют для всех образцов одинаковый вид. С повышением градиента скорости вязкость вначале приходит и стабилизируется, далее переходит в область разрушенной структуры.

Значительное падение вязкости происходит при изменении скорости сдвига до 500 $с^{-1}$. При увеличении значений изменения скорости сдвига вязкость структуры приходит замедленно.

Разрушение структуры происходит при превышении предельного градиента скорости сдвига. Результаты измерений показали, что исследуемые системы обладают устойчивой структурой, разрушение которой начинается только после достижения определенного напряжения сдвига.

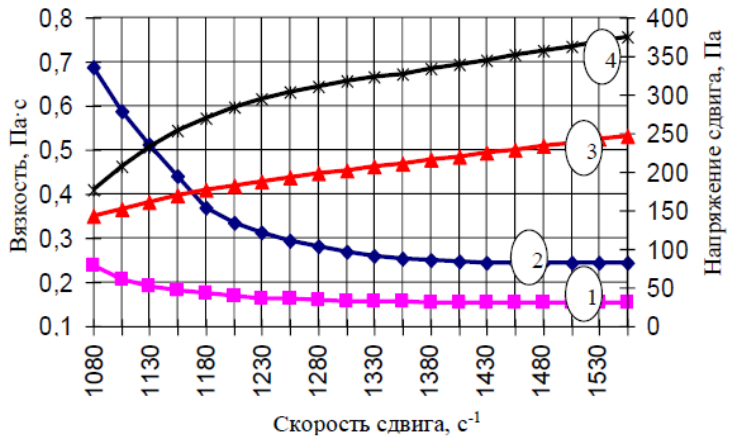


Рис. 4. Кривые течения вязкости и напряжения сдвига модельных систем мясных рубленых масс: 1 – вязкость (контроль); 2 – вязкость (15 % ПТЦ); 3 – напряжение сдвига (контроль); 4 – напряжение сдвига (15 % ПТЦ)

Полученные зависимости позволяют определить влияние внесения ПТЦ в модельные системы мясных рубленых масс на их реологические свойства. Результаты исследований указывают, что добавление ПТЦ в модельные системы мясных рубленых масс значительно повышают ее вязкость по сравнению с контрольным образцом.

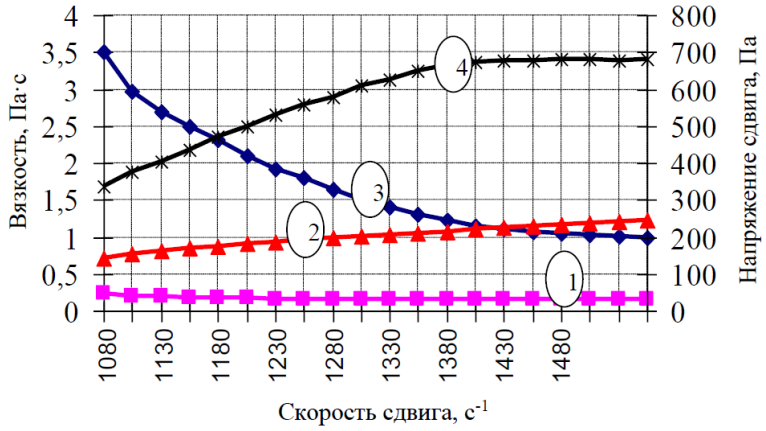


Рис. 5. Кривые течения вязкости и напряжения сдвига модельных систем мясных рубленых масс: 1 – вязкость (контроль); 2 – вязкость (20 % ПТЦ); 3 – напряжение сдвига (контроль); 4 – напряжение сдвига (20 % ПТЦ)

Добавление ПТЦ в количестве 10 или 15 % незначительно влияет на показатели вязкости системы независимо от скорости сдвига, т.е. их структура фактически одинакова. Колебания величины напряжения сдвига достаточно значительны в зависимости от состава образцов. С ростом содержания ПТЦ растет напряжение сдвига, свидетельствуя об улучшении формообразующей способности получаемого продукта.

Несмотря на то что значение предельного напряжения сдвига для образца с добавлением 20 % ПТЦ и превышает значение для образцов с добавлением 10 и 15 % ПТЦ, разрушение структуры образца происходит при значительно меньшей предельной скорости сдвига.

С целью математического обоснования оптимальной концентрации ПТЦ использовался способ решения компромиссных задач многомерной оптимизации методом сопряженных градиентов. Для вычисления была использована надстройка «Поиск решений» пакета MS Excel.

Процесс определения жироэмульгирующей способности (ЖЭС) зависит от параметра X_1 – концентрации ПТЦ.

В качестве целевой функции была выбрана ЖЭС как наиболее важное функционально-технологическое свойство при производстве мясных рубленых масс, изготовленных из говяжьей и куриной печени.

Желательно, чтобы ЖЭС (Y_4 (X_1)) была как можно выше, поэтому целевая функция лимитирована до максимального допустимого значения

$$\lim_{X_1 \to \infty} Y_4(X_1) \ \to \ \infty \ . \qquad (1)$$

В качестве функций, которые характеризуют ограничения процесса обработки, приняты:

Y_1 (X_1) – зависимость ВСС мясной рубленой массы из говядины от концентрации ПТЦ

$$Y_1 (X_1) \geq 65{,}32 \ \% \ ; \qquad (2)$$

Y_2 (X_1) – зависимость ВУС мясной рубленой массы из говядины от концентрации ПТЦ

$$Y_2 (X_1) \geq 62{,}15 \ \% \ ; \qquad (3)$$

Y_3 (X_1) – зависимость стабильности эмульсии (СЭ) рубленой массы из говядины от концентрации ПТЦ

$$Y_3(X_1) \geq 100 \ \% \ ; \qquad (4)$$

Y_5 (X_1) – зависимость органолептических показателей рубленой массы из говядины от концентрации ПТЦ

$$Y_5 (X_1) \geq 15 \ \%. \qquad (5)$$

Заключение. Все ограничения были выбраны таким образом, чтобы продукт, полученный по найденным оптимальным параметрам, превышал функционально-технологические показатели мясной рубленой массы из говядины с добавлением ПТЦ по сравнению с традиционным продуктом. При данных параметрах с допустимым отклонением 5 % концентрация ПТЦ составляет 15 %, поскольку улучшаются функционально-технологические свойства мясной рубленой массы из говядины. Оптимальные параметры мясной рубленой массы из говядины по ВСС составляют 65,32 %; ВУС – 62,15; ЖЭС – 73; СЭ – 100 %.

Список источников

1. *Ахмедов М.Э., Яралиева З.А., Мукаилов М.Д.* Инновационная технология производства сухих пищевых добавок из ягод черной смородины // Проблемы развития АПК региона. 2014. № 3. С. 72–75.
2. *Ахмедов М.Э., Яралиева З.А.* Совершенствование технологии производства сухих пищевых добавок из плодового и ягодного сырья // Известия вузов. Пищевая технология. 2014. № 5-6. С. 44–48.
3. *Джум Т.А., Щербакова Е.В., Христюк А.В.* Перспективы использования порошков фруктов и овощей в общественном питании // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 128. С. 1260–1273.
4. *Надыкта В.Д., Щербакова Е.В., Ольховатов Е.А.* Технология порошкообразных пищевых добавок // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 131. С. 59–671.
5. *Еременко Д.О., Османова Ю.В.* Влияние технологических параметров сушки на содержание инулина в порошке из цикория и топинамбура // Современная наука и инновация. 2021. № 1 (33). С. 71–77.
6. *Еременко Д.О., Османова Ю.В., Чуб О.П.* Разработка технологии производства полуфабриката пребиотического действия из топинамбура и корня цикория // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. № 1. С. 95–100.

References

1. *Ahmedov M.`E., Yaralieva Z.A., Mukailov M.D.* Innovacionnaya tehnologiya proizvodstva suhih pischevyh dobavok iz yagod chernoj smorodiny // Problemy razvitiya APK regiona. 2014. № 3. S. 72–75.
2. *Ahmedov M.`E., Yaralieva Z.A.* Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva suhih pischevyh dobavok iz plodovogo i yagodnogo syr'ya // Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya. 2014. № 5-6. S. 44–48.
3. *Dzhum T.A., Scherbakova E.V., Hristyuk A.V.* Perspektivy ispol'zovaniya poroshkov fruktov i ovoschej v obschestvennom pitanii // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2017. № 128. S. 1260–1273.

4. *Nadykta V.D., Scherbakova E.V., Ol'hovatov E.A.* Tehnologiya poroshkoobraznyh pischevyh dobavok // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2017. № 131. S. 59–671.
5. *Eremenko D.O., Osmanova Yu.V.* Vliyanie thenologicheskih parametrov sushki na soderzhanie inulina v poroshke iz cikoriya i topinambura // Sovremennaya nauka i innovaciya. 2021. № 1 (33). S. 71–77.
6. *Eremenko D.O., Osmanova Yu.V., Chub O.P.* Razrabotka tehnologii proizvodstva polufabrikata prebioticheskogo dejstviya iz topinambura i kornya cikoriya // Tehnologii pischevoj i pererabatyvayuschej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2023. № 1. S. 95–100.

Статья принята к публикации 11.07.2023 / The article accepted for publication 11.07.2023.

Информация об авторах:

Дмитрий Олегович Еременко[1], доцент кафедры пищевых технологий и оборудований, кандидат технических наук, доцент
Оксана Петровна Чуб[2], доцент кафедры пищевых технологий и оборудований, кандидат технических наук, доцент

Information about the authors:

Dmitry Olegovich Eremenko[1], Associate Professor at the Department of Food Technologies and Equipment, Candidate of Technical Sciences, Docent
Oksana Petrovna Chub[2], Associate Professor at the Department of Food Technologies and Equipment, Candidate of Technical Sciences, Docent