

УДК 637.055/12

## Разработка устройства для перемешивания и контроля качества мясных фаршевых систем

*Проф. д-р техн. наук Ангелюк В.П.* [angvp@mail.ru](mailto:angvp@mail.ru), *Попов П.С.* [popov\\_pavel\\_88@mail.ru](mailto:popov_pavel_88@mail.ru),

*Попова А.В.* [nastena8964@mail.ru](mailto:nastena8964@mail.ru)

*Саратовский государственный аграрный университет*

*имени Н.И. Вавилова*

*410012, г. Саратов, Театральная пл. 1*

*Теоретически выявлены основные проблемные точки процесса перемешивания и предложено их решение. Разработаны устройства для перемешивания и контроля качества мясных фаршевых систем. Экспериментально установлено влияние рабочего органа фаршемешалок на качество фаршевой системы готовых продуктов. Получены математические модели зависимости процесса перемешивания относительно реологических параметров и качества фаршевой системы.*

*Ключевые слова:* мясные фаршевые системы, процесс перемешивания, рабочий орган фаршемешалки, реологические свойства, условная когезия.

---

## Development of a device for mixing and control the quality of meat stuff systems

*Prof. D.Sc. Angelyuk V.P.* [angvp@mail.ru](mailto:angvp@mail.ru), *Popov P.S.* [popov\\_pavel\\_88@mail.ru](mailto:popov_pavel_88@mail.ru),

*Popova A.V.* [nastena8964@mail.ru](mailto:nastena8964@mail.ru)

*Saratov State Agrarian University in honor N.I.Vavilov, Russia*

*Theoretically identified the key challenges for the mixing process and provide them with a solution. Developed equipment for mixing and control the quality of meat stuff systems. It is found experimentally the influence of the working body of meat mixers on the quality of the finished products. Mathematical model of dependence of the mixing process regarding the rheological parameters and quality of the meat stuff system.*

*Keywords:* meat farshevye system, the mixing process, the working body minced meat mixers, rheological properties, conditional cohesion.

---

В настоящее время имеется большое разнообразие точных и объективных методов оценки качества мясных фаршевых систем и готовых продуктов [1,2,3]. Однако применяемые методы поэтапного контроля при оценке готовности продукта не всегда являются удовлетворительными, так как зависят от субъективных факторов, а лабораторные структурно-химические методы трудоемки и занимают длительное время [4,5]. Поэтому наряду с органолептическими методами контроля необходимо, особенно в спорных вопросах, использовать инструментальные методы экспресс-контроля. При поэтапном контроле качества сырья, фаршевых систем перспективен

инструментальный пенетрационный метод с помощью устройства для регулирования консистенции фарша в процессе его приготовления [6,7,8].

Нами были разработаны прибор [9] и алгоритм [10] для определения показателей условной когезии, позволяющие установить степень готовности мясных фаршевых систем в момент процесса перемешивания. Такими показателями являются: ширина разлома объекта,  $m$ ; скорость ( $m/c$ ) и время ( $c$ ) его релаксации. Они опосредованно характеризуют силу внутреннего сцепления молекул фаршевой системы под действием внешнего механического воздействия, и дают комплексную оценку объекта исследования [11,12].

Работа прибора (рис. 1) для определения показателей условной когезии основана на механическом воздействии погруженного в объект индентора, вибрирующего при разных частотах.

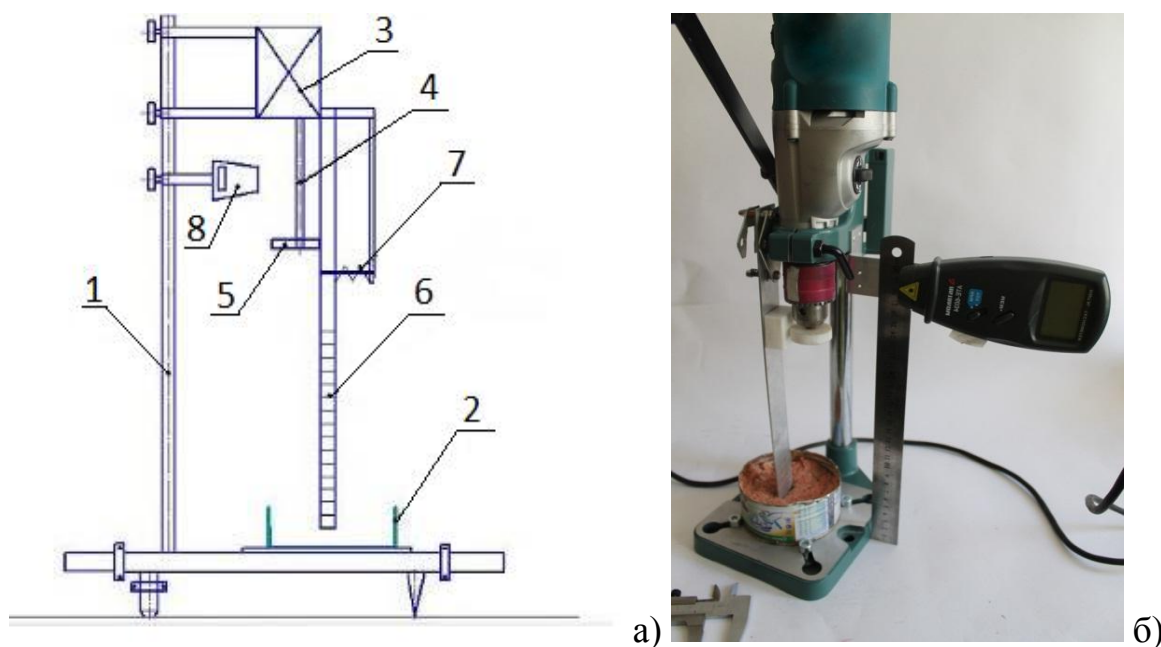


Рис. 1а. Схема прибора для определения параметров условной когезии: 1 – штатив с предметным столиком; 2 – емкость (диаметр 100 мм, высота 100 мм) для исследуемого объекта (фарша); 3 – источник вращательных движений; 4 – вал; 5 – кулачок; 6 – индентор со шкалой, градуированной в миллиметрах (цена деления 1 мм); 7 – возвратная пружина; 8 – тахометр марки АТЕ-6034 (патент РФ № 125346).

Рис. 1б. Экспериментальная установка прибора для определения параметров условной когезии.

Объектом лабораторного исследования являлся колбасный фарш, приготовленный по ТУ 9213-007-00493497-2013 [13,14]. Изменяемые параметры: частота вращения вала привода индентора (диапазон определен экспериментально  $3...13 c^{-1}$ ), глубина погружения индентора –  $(10...50) \cdot 10^{-3} m$ , время воздействия –  $5...30c$ .

По результатам исследований построены графики зависимостей представленных параметров (рис. 2). По разработанной методике [15] проведена математическая обработка, исследуемых объектов в системе Excel 2007, которая позволила провести сравнительный анализ числовых характеристик реологических свойств объекта. Установлены зависимости показателей качества для регулирования контроля процесса приготовления мясных продуктов путем аппроксимации искомой зависимости:

$$A = (0,09f - 0,34)\tau + 10,74f^{0,38} \quad (1)$$

Где  $A$  – ширина разлома объекта (качественный показатель - условная когезия), м;  $f$  – частота вращения вала привода индентора,  $c^{-1}$ ,  $\tau$  – время воздействия индентора, с.

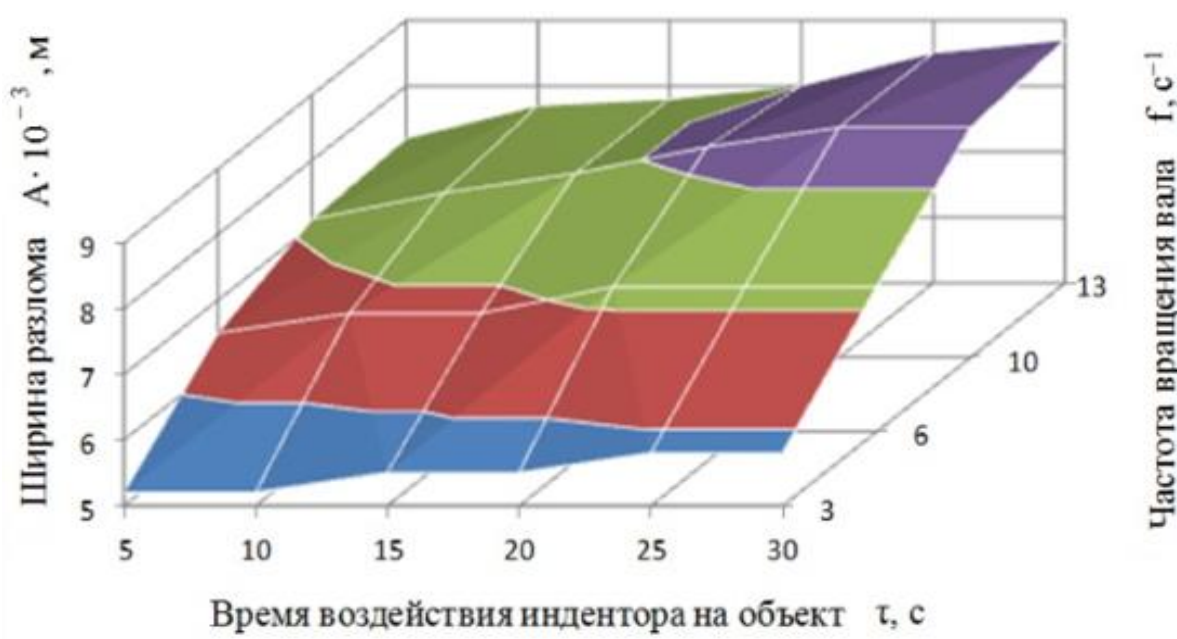


Рис. 2. Графики зависимости ширины разлома объекта от частоты вращения вала индентора и времени воздействия на объект

Проведена сравнительная характеристика зависимости степени разлома фаршевых систем от показателей: частоты вращения вала, глубины погружения, влажности и времени его воздействия на объект. В результате установлена прямопропорциональная зависимость увеличения частоты вращения вала, времени, влажности объекта и уменьшение степени погружения индентора, что схематично показано на рисунке 3.

Параметр контроля качества мясных фаршевых систем, коррелирован с комплексом физико-химических и органолептических параметров, определяется технически просто и может служить базовым параметром технологического контроля. Условная когезия позволяет настраивать и контролировать режимные параметры

процесса куттирования и перемешивания, обеспечивая тем самым стабильность качественных показателей объектов производства [16].

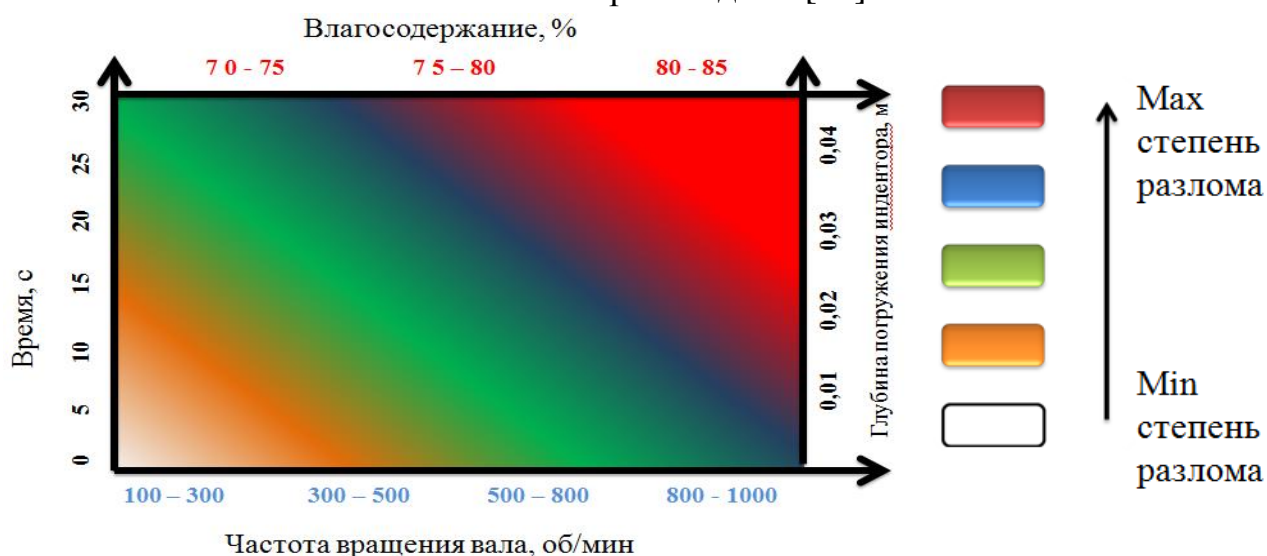


Рис. 3. Схема степени увеличения разлома фаршевых систем от зависящих параметров воздействия

С точки зрения качества готового продукта смешение фарша является одним из самых важных и энергоемких процессов [2]. Для получения однородной массы с полным распределением всех рецептурных компонентов на этапе формирования фаршевой системы, происходит перемешивание мясных, жировых составляющих и специй.

В процессе перемешивания возможны дефекты и брак готовых колбасных изделий, из-за основных факторов: нарушения технологических параметров и выбора мешалки, что приводит к пористому пигментному цвету среза, рыхлой консистенции, неравномерному распределению шпика и специй по всему батону (рис. 4).

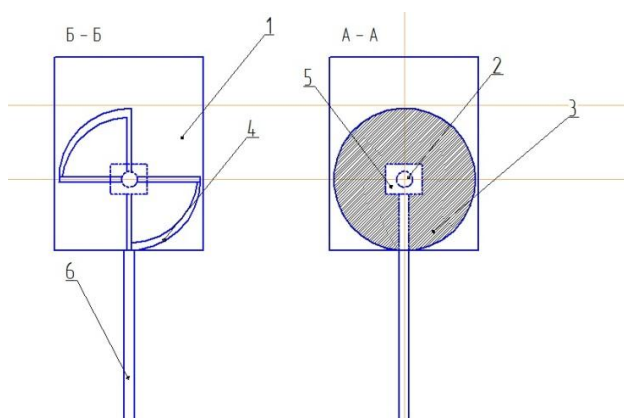




Рис. 4. Мясные продукты с дефектами, вследствие не качественного перемешивания: пористая структура, разная степень окраски и распределения жировой фракции.

В результате теоретического анализа литературных источников изучения аналогов фаршемешалок, нами была разработана полезная модель- устройство для перемешивания фаршевой системы (патент РФ № 134006)[17]. В разработке учтен ряд существенных технических недостатков: «мертвые зоны» во время процесса перемешивания, не достаточное распределение многокомпонентного рецептурного состава, затрачивание дополнительного времени и энергии.

На рисунке 5 изображена схема устройства для перемешивания фарша и его рабочего органа разным видом проекции. Устройство состоит из: корпуса 1, дежи 2 с шнеком 3 с тремя участками рабочего органа, Z – образной лопатки 4, цапфы 5, стойки 6, электродвигателя 7. Выгрузка перемешенного фарша осуществляется путем опрокидывания, что дает возможность меньше затрачивать время на процесс и позволяет производить тщательную чистку дежи.



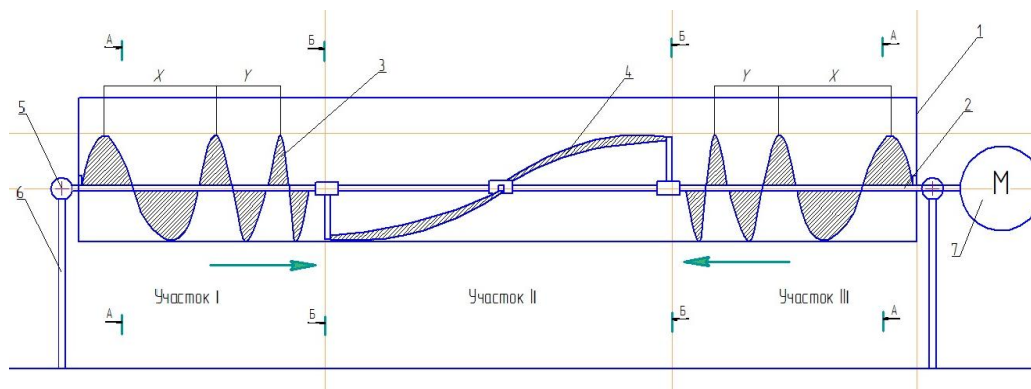


Рис.5. Схема рабочего органа с 3 участками воздействия на объект: участок I и III – сгоняющий в центр фаршевую систему, участок II – Z-образная лопасть, которая осуществляет основное перемешивание (патент РФ № 134006).

Устройство работает следующим образом: шнек на участках I и III имеет уменьшенный шаг витка к центру корпуса, причем наклон витков расположен таким образом, чтобы перемещать объект в центр, где на участке II Z – образная лопасть осуществляет основное перемешивание. Процесс перемешивания включает два режима движения направления шнека: прямое и обратное.

Основными параметрами процесса перемешивания, влияющими на производительность и качество смешивания многокомпонентного состава колбасного фарша, считается: затрачиваемая энергия, число оборотов вращения рабочего органа, время и геометрические параметры рабочего механизма [18, 19, 20]. Мы провели сравнительные практические исследования разработанной фаршемешалки и аналогичного оборудования Л5-ФМ2-У-150, где использовали установленное число оборотов на обеих мешалках  $0,20 - 0,25 \text{ с}^{-1}$ , принципиальным различием являлась форма рабочих органов (рис. 5, 6).

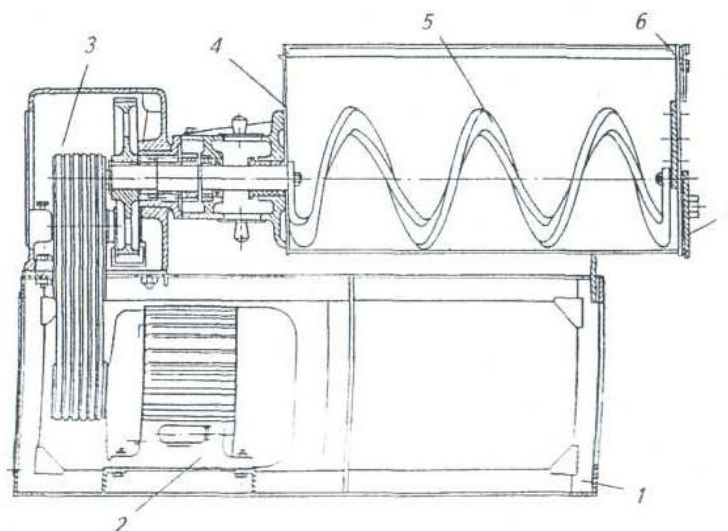


Рис. 6. Мешалка Л5-ФМ2-У-150 для перемешивания фарша с рабочим органом в виде спиралевидной лопасти

Временной предел степени готовности являлся основным критерием оценки мешалок (рис. 7), что позволило установить зависимость качества перемешивания от времени процесса и установить эффективность рабочего органа оборудования.

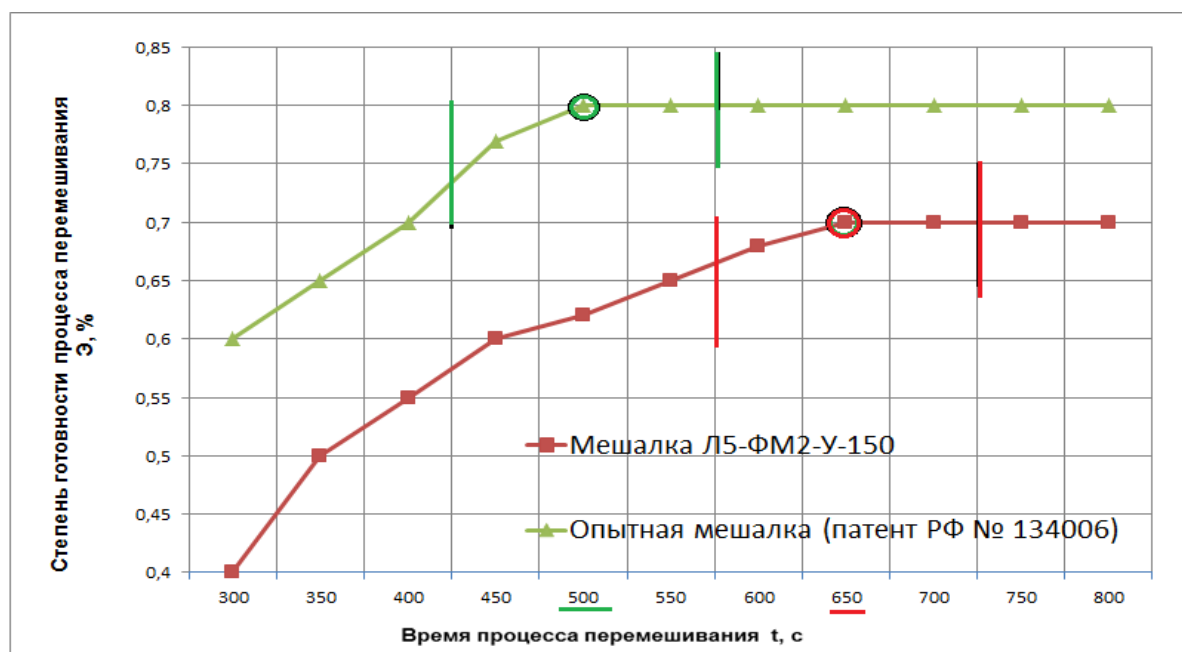


Рис.7.График зависимости степени готовности фаршевой системы и времени, затрачиваемые на процесс перемешивания мешалок Л5-ФМ2-У-150 и опытной (патент РФ № 134006).

Анализ результатов показывает различные зоны оптимального времени процесса перемешивания у исследуемых мешалок. Соответственно время, затраченное на опытной мешалке меньше, что доказывает качественное перемешивание за короткий срок и эффективность рабочего органа устройства.

Получены математические уравнения графиков зависимостей:

опытная мешалка (патент РФ № 134006):

$$\mathcal{E} = 0,0916 \ln(t) + 0,6107 \quad (2),$$

мешалка Л5-ФМ2-У-150:

$$\mathcal{E} = 0,132 \ln(t) + 0,4082 \quad (3),$$

где  $\mathcal{E}$  – степень готовности процесса перемешивания, %;  $t$ –время процесса перемешивания, с.

Математические модели уравнений графика зависимости степени готовности фаршевой системы и времени, затрачиваемого на процесс перемешивания (статистическая обработка результатов получена по методу определения критериев Стьюдента с погрешностью 0,83), позволяют получить значения эффективности исследуемых мешалок.

В ходе органолептических исследований образцов колбас, приготовленных после перемешивания на исследуемых мешалках, были установлены, свойства, влияющие на процесс перемешивания: цвет, внешний вид, консистенция.

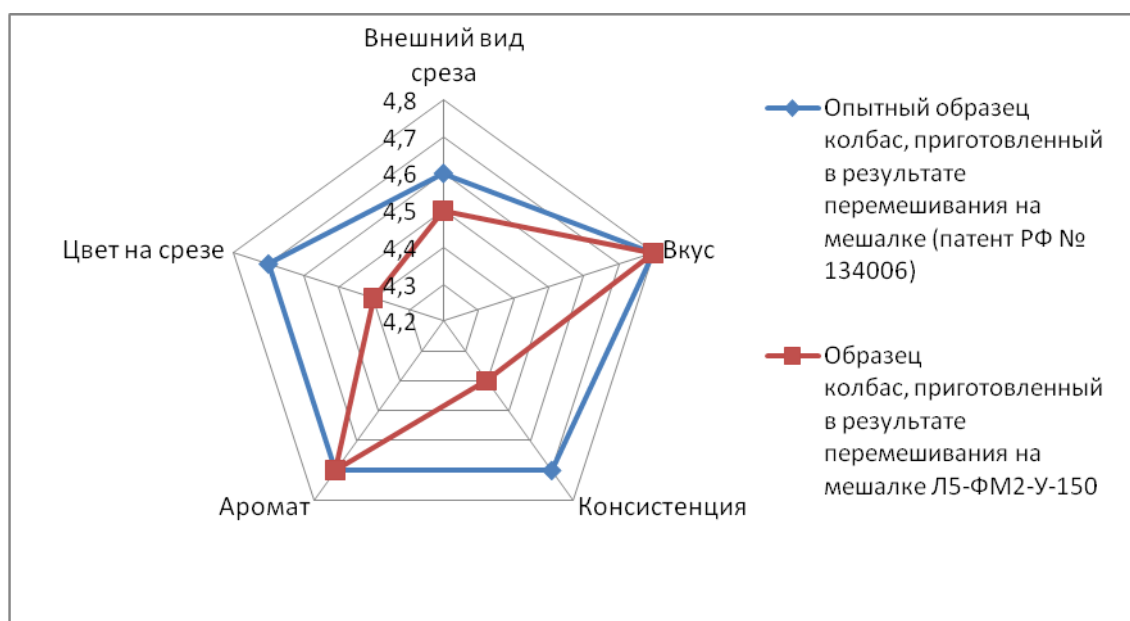


Рис. 8. Диаграмма органолептической оценки колбасных изделий, приготовленных на контрольной и опытной мешалках

Органолептические показатели образцов оценивались по 5-бальной системе традиционной оценки колбасных изделий. Все образцы имели высокие результаты, равные среднему значению по вкусу, аромату и внешнему виду продукта. Опытные колбасы по сравнению с образцами, приготовленные в процессе перемешивания на контрольной мешалке, имеют приемлемый внешний вид и рисунок на срезе, плотную нежную консистенцию. Оба образца обладают выраженным ароматом и приятным вкусом. Опытные образцы были предпочтительней для большинства дегустаторов, что говорит о высокой эффективности перемешивания и приемлемости рецептуры.

Результаты исследований позволили нам сделать следующие выводы:

1. Проанализировав литературные источники, выявив проблемные точки процесса перемешивания многокомпонентного колбасного фарша, дали предпосылку для разработки устройства для перемешивания и контроля качества мясных фаршевых систем.

2. Разработан способ и алгоритм определения качества фаршевых систем, который позволяет установить зависимость между фаршевой системой и готовым продуктом.



3. Установлена зависимость реологических параметров от свойств фаршевой системы и рабочего органа в процессе перемешивания.
4. Экспериментально подтверждены теоретические предпосылки конструкции рабочего органа мешалки в ходе сравнительных исследований перемешивания и органолептических показателей.
5. Предложена математическая модель зависимостей степени готовности фаршевой системы и времени, затрачиваемого на процесс перемешивания.

### Список литературы

1. Арет В.А., Николаев Л.К., Николаев Б.Л. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. – СПб.: ГИОРД, 2009 – 448 с.
2. Рогов И.А., Горбатов А.В., Свинцов В.Я. Дисперсионные системы мясных и молочных продуктов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 320 с.
3. Косой В.Д., Малышев А.Д., Юдина С.Б. Инженерная реология в производстве колбас. – М.: Колос С, 2005. – 264 с.
4. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. - 216 с.
5. Ангелюк В. П., Шибанова Е. А., Попов П. С., и др. Геометрическое моделирование рецептур пищевых объектов // Журнал «Научное обозрение» № 5, 2013 С. 85-91
6. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов: Справочник / Под ред. А.В. Горбатого. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 296 с.
7. Антуфьев В.Т., Громцев А.С., Спильник О.М., Стариков В.В. Перспективные технологии и устройства для приготовления мясных полуфабрикатов // Процессы и аппараты пищевых производств. 2007. №1.
8. Арет В.А. Орлов В.В, Зеленков С.К. Выбор перемешивающего устройства на основе построения его морфологической модели // Процессы и аппараты пищевых производств. 2009. № 2.
9. Пат. 125346 Российская Федерация, МПК G01N33/12 Устройство для измерения условной когезии [Текст] / В.П. Ангелюк, П.С. Попов и др.; патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова". – N 2012123878/15 Заяв. 08.06.2012; Опубл. 27.02.2013.
10. Ангелюк В.П., Попов П.С. Алгоритм определения параметров условной когезии куриного фарша механической дообвалки / по изучению дисциплины «Процессы и аппараты пищевых производств» // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 18454. 2012.

11. Ангелюк В.П., Попов П.С. Определения параметров «условнойкогезии» мясных фаршевых систем // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2013. № 1.
12. Попов П.С., Ангелюк В.П. Разработка показателей «условнойкогезии» фаршевых систем // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2013. № 04. С. 54-56.
13. ТУ 9213-007-00493497-2013 Изделия мясные. Колбасы сырокопченые (с комбинированным шпиком).
14. Попов П.С., Мирзаянова Е.П., Ангелюк В.П. Концептуальный подход в развитии колбасного производства на современном этапе // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 4. – Вып. 2. – С. 164–167.
15. Ангелюк В.П., Попов П.С., Попова А.В. Алгоритм многофакторной аппроксимации зависимости параметров условной когезии мясных фаршевых систем / по изучению дисциплины «Процессы и аппараты пищевых производств» // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 18639. 2012.
16. Попов П.С., Ангелюк В.П. Исследование реологических параметров мясных фаршевых систем // Журнал «Научное обозрение» № 4, 2013 С. 110-113.
17. Пат. 134006 Российская Федерация, МПК А22С 5/00 (2006.01) Устройство для перемешивания фарша[Текст] / В.П. Ангелюк, П.С. Попов, А.В. Попова; патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова". – N 2013129720 Заяв. 27.06.2013; Опубл. 10.11.2013 Бюл. № 31.
18. ГОСТ 28107-89 Машины для перемешивания фарша. Основные параметры, технические требования и методы испытаний.
19. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – Спб.: «Гиорд», ч.2-2007.
20. Николаев Б.Л., Арет В.А., Николаев Л.К. Теоретическое определение закономерностей распределения давления на лопасть лопастных мешалок в ёмкостном оборудовании // Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. № 1.

## References

1. Aret V.A., Nikolaev L.K., Nikolaev B.L. Physicomechanical properties of raw materials and finished goods. – SPb.: GIORD, 2009 – 448 p.
2. Rogov I.A., Gorbатов A.V., Svincov V.Ja. Dispersive systems meat and dairy product. – М.: Agropromizdat, 1990. – 320 p.

3. Kosoj V.D., Malyshev A.D., Judina S.B. Engineering rheology in production of sausages. – М.: Kolos S, 2005. – 264 p.
4. Machihin Ju.A., Machihin S.A. Engineering rheology of food materials. - М.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1981. - 216 p.
5. Angeljuk V. P., Shibanova E. A., Popov P. S., i dr. Geometrical modeling of compoundings of food objects // *Zhurnal «Nauchnoe obozrenie»* № 5, 2013 p. 85-91
6. Structural and mechanical characteristics of foodstuff: Reference book / Pod red. A.V. Gorbatogo. – М.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1982. –296 p.
7. Antuf'ev V.T., Gromcev A.S., Spil'nik O.M., Starikov V.V. Perspective technologies and devices for preparation of meat semi-finished products // *Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv.* 2007. №1.
8. Aret V.A.Orlov V.V, Zelenkov S.K. Choice of the mixing device on the basis of creation of its morphological model // *Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv.* 2009. № 2.
9. Pat. 125346 Rossijskaja Federacija, MPK G01N33/12 The device for measurement of an uslovnokogeziya [Tekst] / V.P. Angeljuk, P.S. Popov i dr.; patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni N.I. Vavilova". – N 2012123878/15 Zajav. 08.06.2012; Opubl. 27.02.2013.
10. Angeljuk V.P., Popov P.S. Algorithm of determination of parameters of conditional cohesion of chicken forcemeat of a mechanical doobvalka / on discipline studying "Processes and devices of food productions" // *Svidetel'stvo o registracii jelektronnoho resursa* № 18454. 2012.
11. Angeljuk V.P., Popov P.S. Determination of the uslovnokogeziya parameters meat farshevykh of systems // *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Serija «Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv».* 2013. № 1.
12. Popov P.S., Angeljuk V.P. Development of indicators of "uslovnokogeziya" farshevykh of systems // *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova.* 2013. № 04. p. 54-56.
13. TU 9213-007-00493497-2013 Products meat. Sausages raw smoked (with the combined salted pork fat).
14. Popov P.S., Mirzajanova E.P., Angeljuk V.P Conceptual approach in development of sausage production at the present stage // *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta.* – 2010. – T. 4. – Vyp. 2. – p. 164–167.
15. Angeljuk V.P., Popov P.S., Popova A.V. Algorithm of multiple-factor approximation of dependence of parameters of conditional cohesion meat the farshevykh of systems / on discipline studying "Processes and devices of food productions » // *Svidetel'stvo o registracii jelektronnoho resursa* № 18639. 2012.

16. Popov P.S., Angeljuk V.P. Research of rheological parameters meat farshevykh of systems // *Zhurnal «Nauchnoe obozrenie»*. № 4, 2013 p. 110-113.
17. Pat. 134006 Rossijskaja Federacija, MPK A22C 5/00 (2006.01) The device for hashing of forcemeat [Tekst] / V.P. Angeljuk, P.S. Popov, A.V. Popova; patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija "Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni N.I. Vavilova". – N 2013129720 Zajav. 27.06.2013; Opubl. 10.11.2013 Bjul. № 31.
18. GOST 28107-89 Cars for hashing of forcemeat. Key parameters, technical requirements and test methods.
19. Ivashov V.I. Processing equipment of the enterprises of the meat industry – Spb.: «Giord», ch.2-2007.
20. Nikolaev B.L., Aret V.A., Nikolaev L.K. Theoretical determination of regularities of distribution of pressure upon the blade of bladed mixers in the capacitor equipment // *Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv*. 2012. № 1.