

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ

Каповский Б.Р., канд. техн. наук, **Пчелкина В.А.**, канд. техн. наук, **Пляшешник П.И.**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Москва)

Реферат. Рассмотрена возможность применения аппаратного входного контроля мясного сырья на автоматической линии производства мясных продуктов с применением энерго- и ресурсосберегающей технологии одностадийного тонкого измельчения блочного замороженного мяса по методу фрезерования с идентификацией и дальнейшей локализацией посторонних включений в мясе. Показана необходимость введения двух стадий контроля: контроль блока мяса для обнаружения посторонних включений; измерение содержания белка, жира, влаги в измельченном сырье. Предлагаемый автоматический входной контроль блочного замороженного мяса, обеспечивающий гарантированное высокое качество готовой продукции, выработанной по принципу «безлюдной технологии», является экономически привлекательным для производителей мясной продукции.

Ключевые слова: автоматический контроль сырья, интеллектуальная система управления, одностадийное измельчение

Summary. The possibility of using the hardware input control of meat raw materials on the automatic production line of meat products with the use of energy- and resource-saving technology of single-stage fine milling frozen meat blocks with the identification and further localization of foreign inclusions in the meat is considered. The necessity of introduction of two control stages is shown: control of meat block for detection of foreign inclusions; measurement of protein, fat, moisture in the crushed raw materials. The offered automatic input control of frozen meat blocks which ensures the guaranteed high quality of the finished products developed on the principle of "unoccupied technology" is economically attractive for meat producers.

Key words: automatic control of raw materials, intelligent control system, single-stage milling

Введение. В Указе Президента РФ № 642 от 01.12.2016 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» отмечено, что «в ближайшие 10-15 лет приоритетами научно-технического развития Российской Федерации следует считать переход к передовым интеллектуальным производственным технологиям, эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания» [1]. В соответствии с этим актуальным вопросом является разработка интеллектуальных систем управления технологическими процессами, в том числе при производстве мясных продуктов, где ключевую роль играет контроль поступающего сырья.

В мировой практике применяют различные методы дистанционного контроля мяса, в том числе при поточной переработке сырья в режиме реального времени. Цели контроля могут быть разные, следовательно, используют аппаратуру, работающую на разных физических принципах получения и обработки поступающей информации. Оценку качества мясных продуктов производят с использованием электрофизических методов, в частности, электромагнитных волн различных участков спектра излучения (инфракрасного, ультрафиолетового и рентгеновского излучений), ядерно-магнитного резонанса и др. [2, 3]. Приведем несколько примеров аппаратного оформления контроля мясного сырья.

Датская компания Carometec предлагает систему автоматизированной категоризации туш – Carometec AutoFom III. Данная система осуществляет автоматическое ультразвуковое сканирование свиных туш с получением подробной параметрической трехмерной модели и выдает итоговое процентное содержание мышечной ткани и толщину шпика. Получаемые таким образом цифровые данные входного учета передаются в информационную систему производственного уровня для последующей сортировки туш в соответствии с разработанными технологическими критериями. Максимальная производительность установки — 1200 туш в час [4].

Компания Ishida Europe предлагает рентгеновское оборудование, с помощью которого стало возможным обнаружение самых мелких костных частиц в продуктах из мяса птицы. Если обычная система рентгеновского контроля получает изображение постороннего включения с использованием лучей только от одного источника энергии, то модель от Ishida IX-G2 производит рентгеновские лучи от двух источников энергии [5]. Это дает возможность получить два разных изображения, сравнить их при помощи программного обеспечения машины, и, как следствие, увеличить эффективность определения посторонних частиц с различной плотностью, например, костный остаток в мясной продукции (вплоть до размера 3-4 мм). Установка способна обнаружить костные фрагменты даже в упакованном сырье, где продукт уложен внахлест.

Такое оборудование обеспечивает контроль за качеством филе из куриной грудки и бедер для компании Nortura – крупнейшего поставщика мяса и яиц в Норвегии, и позволяет воплотить идею автоматизации производства. В этом случае ручной труд и контакт человека с продуктом сведены к минимуму (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Установка Ishida IX-G2 на линии производства компании Nortura



Рис. 2. Скриншот программы рентгеновской установки Ishida IX-G2

Отличительной чертой интеллектуального управления технологическим процессом является возможность системной обработки знаний [6]. Измельчение сырья по методу фрезерования, предложенному ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова, может предусматривать полную автоматизацию технологического процесса производства мясных продуктов по принципу «безлюдной технологии». Интеллектуальная система управления (ИСУ) одностадийным процессом тонкого измельчения замороженного мясного сырья строится в соответствии со следующими принципами [7]:

1. Информационное взаимодействие ИСУ с окружающей средой посредством первичных датчиков при использовании каналов связи. Так, система получает информацию о температуре сырья непосредственно перед измельчением, определяет основные режимные

параметры процесса измельчения – скорость резания мяса многолезвийным инструментом и скорость подачи сырья в зону измельчения.

2. Прогнозирование изменений окружающей среды и собственного поведения системы. В данном случае ИСУ рассчитывает прогноз получения мясной стружки с определенным характерным размером на основе математической модели процесса измельчения по методу фрезерования с учетом неоднородности исходного сырья.

3. Система совершенствует собственное поведение, обучаясь в процессе работы. ИСУ накапливает статистическую информацию о процессе измельчения, уточняя прогнозные значения оценок математического ожидания и дисперсии размеров частиц измельченного мяса.

На указанных принципах может быть построена ИСУ технологическим процессом выработки мясных фаршей на автоматической линии с применением одностадийного измельчения сырья.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являлась ИСУ, которая показана на рис. 3.

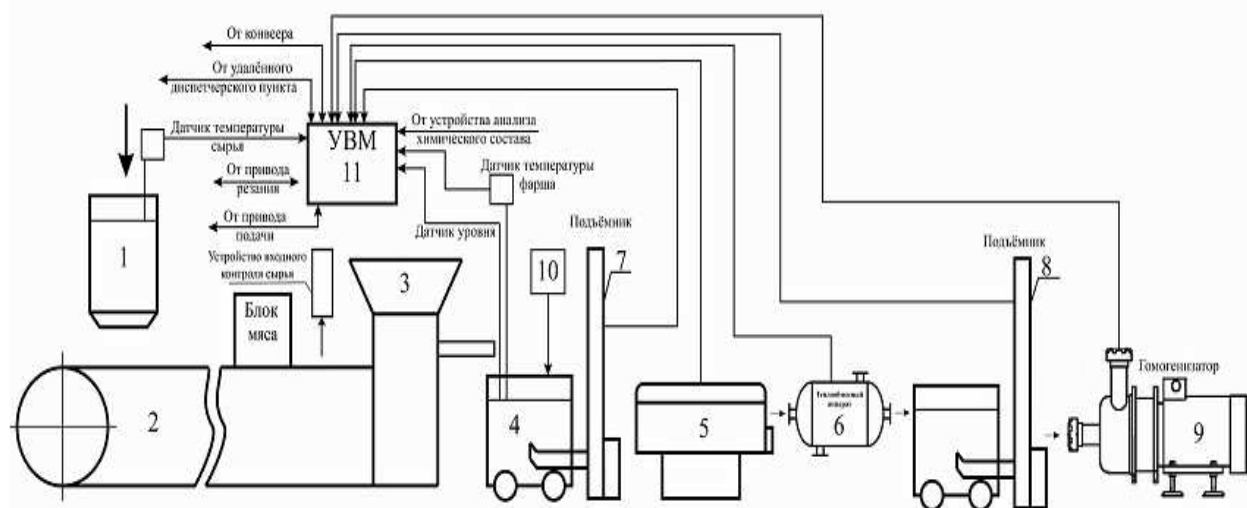


Рис. 3. Конфигурация ИСУ выработки мясного фарша

Блоки замороженного мяса из питающего бункера 1 конвейером 2 транспортируются к фрезерному измельчителю 3. Измельченное сырье из тележки 4 подъемником 7 загружается в рецептурную мешалку 5. После перемешивания рецептурная масса нагревается в теплообменнике 6 и подъемником 8 загружается в гомогенизатор 9. ИСУ (блок 10) контролирует температуру сырья, химический состав измельченного мяса (содержание воды, белка, жира; pH), его температуру. Кроме того, ИСУ контролирует процесс измельчения сырья во фрезерном измельчителе, поддерживая заданную степень измельчения. Система управления прогнозирует средний размер мясной стружки на выходе измельчителя и определяет границы диапазона отклонений от этого размера. Анализируя эту информацию, а также данные экспресс-анализа химического состава измельченного мяса, его температуру, ИСУ выбирает оптимальный режим смешивания фарша в рецептурной мешалке для обеспечения заданного качества конечного мясного продукта. Технологическим про-

цессом выработки консервной массы управляет УВМ 11 (управляющая вычислительная машина – промышленный компьютер либо программируемый логический контроллер).

На рис. 3 показано устройство входного контроля замороженных блоков мяса, поступающих из морозильных камер длительного хранения сырья на переработку. Необходимость контроля обусловлена возможностью нахождения непищевых компонентов в блочном мясе, таких как металлические, древесные и иные посторонние предметы, попавшие в сырье в процессе формования и замораживания мяса, фрагменты упаковочного материала, не удаленные при распаковывании блоков, щетина, костные включения и др. Эти контрольные операции должны быть произведены на стадии транспортирования блоков мяса в зону измельчения фрезерной машины (позиция 3 на рис. 3).

Обсуждение результатов. В отечественной практике при переработке блочного замороженного мяса применяют сплошной контроль блоков с использованием ручного труда. Сырье размораживают, вручную перебирают с визуальным осмотром и отправляют на первую стадию измельчения в волчке. Такой входной контроль сырья имеет ряд существенных недостатков. Человек, в силу своих ограниченных физиологических возможностей, при визуальном осмотре размороженного мяса может не заметить небольших посторонних включений и, следовательно, не изъять их из сырья, подлежащего переработке. Размораживание блоков мяса в дефростерах является энергозатратным процессом, что приводит к дополнительным издержкам и увеличению себестоимости продуктов детского питания. Ручной осмотр мяса требует привлечение рабочей силы, производственных площадей для организации такого осмотра, временных затрат. Эти факторы не позволяют интенсифицировать производственный процесс и снижают его экономическую эффективность. Кроме того, вследствие увеличения числа контактов сырья с непищевыми средами при его осмотре может возрасти вероятность обсеменения мяса микрофлорой. Это снижает санитарное благополучие готовой продукции.

Для компенсации указанных рисков рассмотрена возможность комплектации автоматической линии, представленной на рис.3, установкой непрерывного входного контроля сырья в режиме реального времени. Для аппаратурного оформления такого контроля предложена установка, аналогична установке фирмы Foss – Meat Master II [8].

Анализатор Meat Master II (рис. 4) предназначен для оперативного определения параметров мяса, пропускаемого через аппарат с помощью встроенного конвейера.

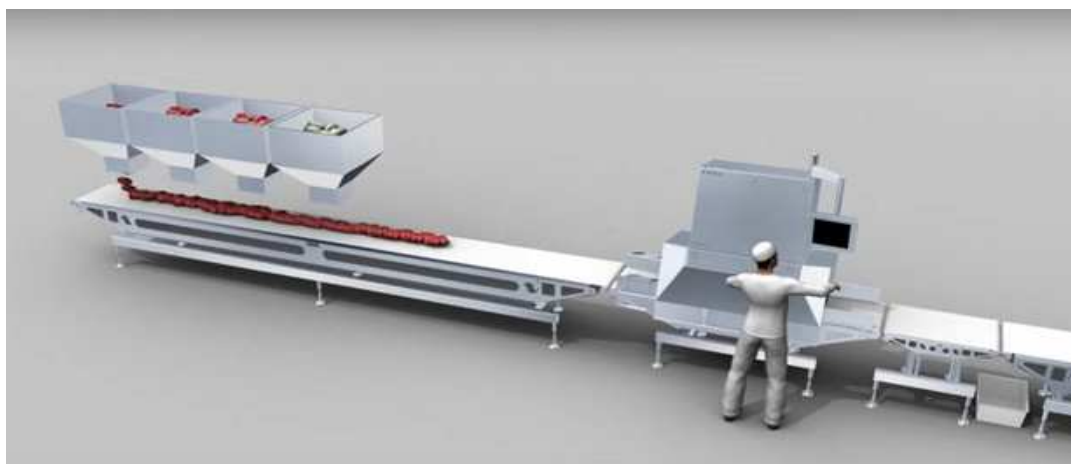


Рис. 4. Установка контроля мясного сырья фирмы Foss

К контролируемым параметрам сырья относятся: содержание жира, вес, наличие посторонних включений. Этот анализатор может использоваться в поточном производстве

при сканировании до 38 тонн мяса в час. Рентген обеспечивает сканирование 100 % мяса, проходящего через контрольную зону аппарата. Мясо может быть замороженным или охлажденным в диапазоне температур от минус 20 °С до плюс 35 °С. Может применяться упаковка сырья в пластмассовые лотки, картонные коробки (рис. 5) или производиться выкладка сырья непосредственно на конвейер без упаковки.

Анализатор выявляет посторонние включения с плотностью выше 1,7 г/см³, в том числе металлические включения размером до 3 мм; кости, стекло и другие посторонние включения размером (9-10) мм.



Рис. 5. Мясо, упакованное в картонную коробку, на конвейере анализатора Meat Master II

Обычно установку Meat Master II используют в целях: контроля содержания жира в триммингах; стандартизации партий при производстве любых видов мяса второго сорта или мясных продуктов; сортировки вырезки (свиной грудинки, окороков); контроля качества закупаемой продукции. Важно отметить, что весь процесс измерений может быть полностью автоматизирован, а программное обеспечение анализатора позволяет не только измерять содержание жира в сканируемом сырье, но также рассчитывать среднее содержание жира в объеме партии, произведенном на текущий момент.

Отличительной чертой рассматриваемой установки является возможность локализации (отбраковки) объема сырья, содержащего постороннее включение (выделено цветом на скриншоте, рис. 6).

Именно такой должна быть реакция системы входного контроля на идентификацию содержания постороннего включения в блоке замороженного мяса при работе автоматической линии по производству мясных продуктов. Однако следует отметить особенности определения параметров сырья при применении технологии одностадийного измельчения блочного замороженного мяса. Недостаточно измерять содержание жира в мясе, необходимо измерить количество белка и влаги. Результаты этих измерений будет анализировать УВМ (позиция 11 на рис. 3) при назначении рецептуры и режима смешивания фарша в мешалке (позиция 5 на рис. 3).

Измерение количества воды в сырье следует вести с учетом ее испарения в зоне контакта режущих кромок многолезвийного инструмента измельчителя и мяса в процессе измельчения. Тогда программное обеспечение УВМ должно коррелировать команду на смешивание фарша с потерей влаги в случае замера параметров мяса до измельчения, либо следует проводить указанные замеры для измельченного мяса.



Рис. 6. Идентификация и локализация посторонних включений в мясном сырье

Это усложнит контрольно-измерительную систему, так как мы вводим две стадии контроля: 1) контроль блока мяса – обнаружение посторонних включений; 2) измерение содержания белка, жира, влаги в измельченном мясе. На наш взгляд, целесообразно осуществить полный контроль сырья в виде замороженного блока с разработкой соответствующего программного обеспечения для УВМ.

Также следует соотнести предельные размеры и вид возможных посторонних включений в сырье с возможностью их аппаратного обнаружения, то есть определить требуемую разрешающую способность анализатора. Нельзя исключить, что в этой связи потребуется использовать другой вид излучения, например ультразвуковые волны.

Выводы. Очевидно, что использование оборудования для организации входного контроля блочного мяса на автоматической линии приведет к необходимости дополнительных капитальных вложений. Однако применение энерго- и ресурсосберегающей одностадийной технологии тонкого измельчения мясного сырья по методу фрезерования обеспечивает значительную экономию денежных средств вследствие исключения из технологической цепочки дорогостоящих машин предварительного измельчения мяса. Учитывая это, следует ожидать, что в конечном итоге автоматический входной контроль блочного замороженного мяса, обеспечивающий гарантированное высокое качество готовой продукции, выработанной по принципу «безлюдной технологии», окажется экономически привлекательным для производителей мясной продукции.

Литература

1. Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
2. Пляшешник, П.И. Сырье под полным контролем / П.И. Пляшешник, С.Н. Глебочев, С.С. Шихов // Мясная индустрия. – 2015. – №1. – С.37-39.
3. Горбунова, Н.А. Неразрушающие методы контроля качества мяса и мясных продуктов // Н.А. Горбунова. – Все о мясе. – 2014. – №3. – С. 44-47.
4. AutoFom III Fully Automatic Ultrasonic Carcass Grading [Электронный ресурс]. URL: <http://www.carometec.com/products/item/autofom-III> (Дата обращения: 18.04.2018).
5. Hahnenkamp, H. Fur jeden Messpunkt zwei Werte // Fleischwirtschaft. – 2016. – №2. – P.50-51
6. Савин, М.М. Теория автоматического управления / М.М. Савин, М.М. Елсуков, О.Н. Пятин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 469 с.
7. Лисицын, А.Б. Интеллектуальная система управления качеством мясных фаршей / А.Б. Лисицын, В.И. Ивашов, А.Н. Захаров, Б.Р. Каповский, О.Е. Кожевникова // Все о мясе. – 2013. – №6. – С.32 – 38.
8. MeatMaster™ II [Электронный ресурс]. URL: <http://www.foss.ru/industry-solution/products/meatmaster> (Дата обращения: 12.04.2018).