

УДК 637.51'64:621.798

САВИНОК О.Н., канд. техн. наук, доцент, МИХАЙЛОВ А.С., студент

Одесская национальная академия пищевых технологий

## ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СВИНИНЫ NOR И PSE В ХОДЕ СОЗРЕВАНИЯ

Установлена кинетика изменений основных функциональных показателей свойств свинины NOR и PSE в послеубойный период. Рассмотрены коэффициенты корреляции, характеризующие фракционный состав миоглобина. Установлена зависимость между функциональными и цветовыми показателями мяса в ходе созревания.

**Ключевые слова:** свинина NOR и PSE, цветовые показатели, функциональные свойства

The kinetics of changes of the main functional performance properties of pork NOR and PSE in the post-mortem period. Examined the correlation coefficients that characterize the size distribution of myoglobin. The dependence between the functional and the color characteristics of meat in the course of maturation.

**Keywords:** pork NOR and PSE, color figures, the functional properties

В последние годы на рынке мясного сырья лидирует мясо птицы и свинина. Эти два вида мяса очень привлекательны для крупного бизнеса, так как считаются относительно мало затратными. Например, для получения 1 кг мяса птицы требуется 2 кг корма, который включает в основном зерновые составляющие, для выращивания 1 кг свинины необходимо 4 кг корма, 1 кг мяса говядины – 6 кг корма. Несмотря на существенную разницу в себестоимости, переработчики мяса не могут полностью отказаться от свинины и говядины из-за особенностей химического состава и свойств сырья. Одновременно, производители этих видов мяса стремятся свести к минимуму затраты кормов, сроки выращивания, выбирают мясные породы животных.

Однако подобная интенсификация в сфере животноводства приводит к существенным изменениям функциональных характеристик мясного сырья, мясо становится нестандартным, и, как следствие, требует дополнительных исследований в этом направлении. Если при переработке крупного рогатого скота процент нестандартного мяса незначителен, то получаемая свинина зачастую не соответствует по своим технологическим свойствам нормативной документации. При этом, у производителей возникает много проблем с идентификацией такого мяса и необходимость в ряде технологических приемов, позволяющих нивелировать недостатки сырья и выпустить стандартную по качественным показателям продукцию.

На сегодняшний день проблема появления пороков PSE и DFD имеет всемирное значение. Несмотря на то, что мясо с отклонениями от нормального хода автолиза обнаружено уже давно, единой теории, объясняющей сложившуюся ситуацию, нет до сих пор [1,2], нет и универсального способа идентификации нестандартного мяса. Основным способом, позволяющим устанавливать наличие дефектов у мяса, является водородный показатель pH. В Украине используется следующая классификация мяса по дефектам, исходя из значения pH: к мясу класса PSE (pale, soft, exudative – бледное, мягкое, водянистое) относится мясо с величиной кислотности через 1 час после убоя (pH<sub>1</sub>) равной 5,8 и ниже и через 24 часа (pH<sub>24</sub>) – 5,6 и ниже. В свою очередь, к мясу со свойствами DFD

(dry, firm, dark – темное, жесткое, сухое) относится сырье с pH<sub>1</sub> и pH<sub>24</sub> – 6,2 и более.

Несколько видоизмененная система оценивания мяса предложена Г. Фейнером [3] (Германия). Дефект PSE можно обнаружить в течение 45 (pH<sub>45</sub>) или 60 (pH<sub>1</sub>) минут после убоя путем измерения значения pH мышечной ткани в поясничной области длиннейшей мышцы спины. И если pH<sub>45</sub> равно 6,0 или pH<sub>1</sub> примерно 5,8, то мясо может быть отнесено к PSE. В некоторых случаях, когда pH<sub>1</sub> ниже 5,8, то дефект PSE относят к граничному или экстремальному. Когда осуществляют измерение pH через 24 часа после убоя и полного охлаждения сырья, возможна ошибка при дифференцировании мяса, так как через сутки у мяса NOR может быть близкое значение pH. RSE (red, exudative – красное, мягкое, водянистое) – мясо с менее известным дефектом, но с похожими технологическими свойствами. Отличительной особенностью является то, что такое сырье сохраняет естественную красную окраску (по всей вероятности из-за интенсивного охлаждения). Свет не так сильно рассеивается, как при попадании на мясо PSE, поэтому визуально создается иллюзия интенсивной красной окраски, хотя степень денатурационных процессов аналогична мясу PSE. В противоположность мясу PSE, где pH следует замерять через 45 минут или 1 час, дефект DFD можно обнаружить по завершению посмертного ооченения, через 36-40 часов. Если в это время значение pH составляет 6,0 и выше, это говорит о наличии дефекта DFD. Мясо имеет темный цвет, на вид оно липкое или слизистое. Технологи описывают этот дефект так: «мясо прилипает к ножу».

Рассмотренные классификации неоднозначны и различны в разных странах, они не дают полную характеристику основных функциональных свойств, важных в технологии переработки. А ведь при Всемирной экономической интеграции необходимы универсальные методы и способы, по которым будет оцениваться мясное сырье и у поставщика, и у производителя мясных продуктов. Поэтому поиск такого метода, на сегодняшний день, является важной задачей, требующей решения.

Малоизученны и практически не применяются для оценки качества мяса цветовые показатели. А ведь интенсивность окраски сырья напрямую зависит от характера протекания биохимических процессов. Миоглобин и, в некоторой степени, гемоглобин, как основные хромопротеиды, могут выступать индикаторами качественных показателей мяса, степени развития автолиза. Поэтому, основной целью наших исследований было установление зависимости между характером изменений функциональных свойств свинины в послеубойный период и спектральными показателями, отражающими состояние миоглобина мышечной ткани.

В качестве объекта исследования была длинная мышца спины L.dorsi туш свиней породы ландрас. Свиньи доставлялись из фермерского хозяйства, которое находится на расстоянии менее 30 км от предприятия. Предубойная подготовка животных осуществлялась в хозяйстве. Начальный отбор образцов производили через 40 минут с момента убоя, в дальнейшем, с периодичностью – 4 часа. Охлаждение и хранение полутуш проводилось при температуре  $0 \pm 4$  °С, до температуры в центре тазобедренной части не более +4 °С. Общая продолжительность созревания мяса в полутушах – 50 часов. Образцы после изъятия из туши замораживались при температуре минус 18 °С.

Изменения в свинине оценивали по следующим показателям: pH, содержанию влаги и водосвязывающей способности, содержанию саркоплазматических и миофибриллярных белков [4], корреляционным коэффициентам производных миоглобина [5]. Результаты исследований представлены на рисунках 1-7.

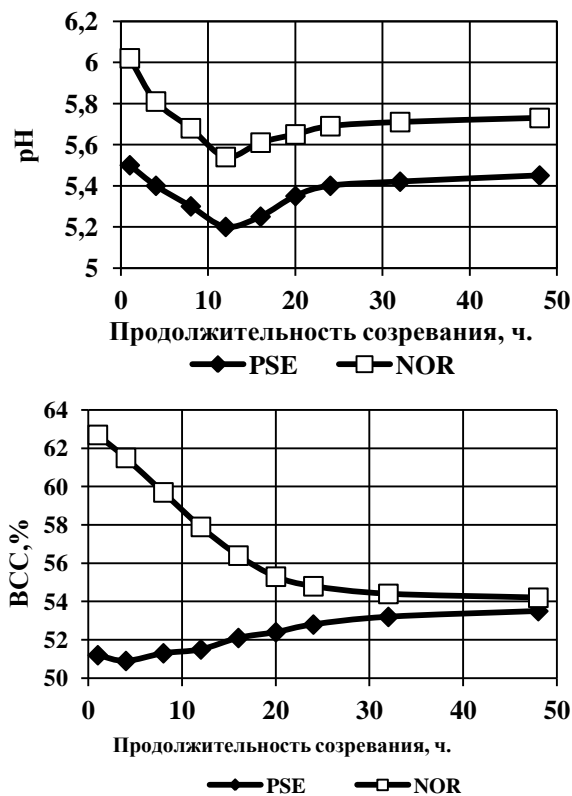


Рис. 1. Изменение pH (а) и водосвязывающей способности (BCC, б) свинины в ходе созревания

Для того, чтобы оценить эффективность проведенных исследований и полученных результатов использовали стандартное мясо и сырье с пороком PSE. Изучаемые туши свиней NOR и PSE, были отобраны в соответствии с разработанной классификацией [3], по внешнему виду и показателю pH мяса. В ходе исследований, в соответствии с целью данной работы, необходимо было установить взаимосвязь между основными функциональными свойствами и спектральными характеристиками свинины.

Информативным показателем качества мяса является pH системы. Анализ рисунка 1а показывает, что через 1 час с момента убоя, значение pH у мяса NOR выше 6 единиц, у мяса PSE – 5,5. При дальнейшем хранении значения исследуемых показателей снижаются в течение первых 12 часов, достигая уровня 5,54 для мяса NOR и 5,2 для мяса PSE. Во время последующей выдержки анализируемые показатели возрастают и к 24 часам с момента убоя стабилизируются. Дальнейшая выдержка мяса не оказывает существенного влияния на pH. При этом анализируемый показатель у сырья с пороком PSE практически достигает уровня парного мяса – 5,45 единицы.

Несмотря на существенную разницу в исходных значениях для мяса NOR и PSE, кинетики изменений pH имеют сходный характер. Возможным объяснением этому факту могут биохимические процессы, протекающие в мясе PSE. Адреналин, способствующий активному распаду АТФ в течение первого часа с момента убоя, быстрому гликолизу и накоплению молочной кислоты, не затрагивает резервные запасы гликогена, сосредоточенного в митохондриях, клетках в виде гранул – макрогликогена (общее содержание в клетке 25 %) или в виде соединения креатинфосфата. В мясе NOR процесс автолиза проходит по давно изученному сценарию гликолиза, с последующим фосфорилизмом.

Особый интерес представляют зависимости, представленные на рис 1б. У мяса NOR наблюдается снижение водосвязывающей способности в ходе всего послеубойного периода, в течение первых 20 часов процесс носит линейный характер, затем значения показателя стабилизируются в пределах 54-55 %, что на 10 % ниже по сравнению с BCC парного мяса. Водосвязывающая способность мяса PSE имеет минимальное значение через 1 час после убоя, в ходе последующего хранения показатель незначительно увеличивается (на 3 %). Характер этой зависимости объясняется тем, что начальное значение pH мяса PSE соответствует состоянию изоэлектрической точки миофибриллярных белков.

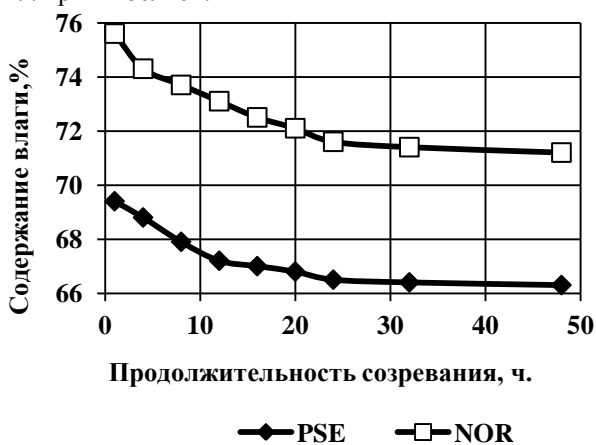


Рис. 2. Изменение содержания влаги в свинине в ходе созревания

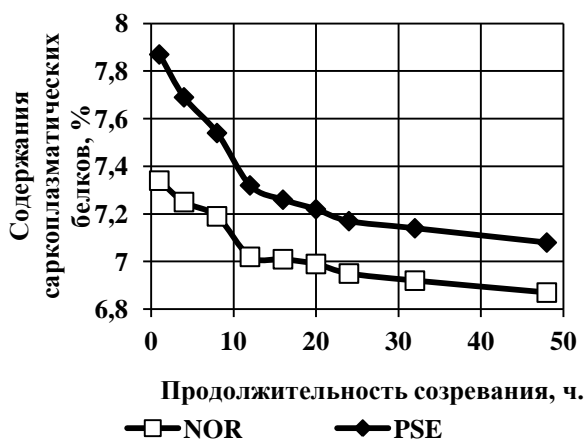


Рис. 3. Изменение содержания саркоплазматических белков в мышечной ткани свинины в ходе созревания

Анализ зависимостей представленных на рисунке 2 показывает, что общее содержание молекулярной влаги в мясе NOR на момент убоя на 6,2 % больше, чем у мяса PSE. По мере протекания автолитических процессов, содержание молекулярной воды, которую можно удалить высушиванием, уменьшается, за счет ее распада до ионного состояния. Ионы принимают участие в биохимических превращениях.

По данным, приведенным на рисунках 3 и 4 можно предположить, что в мясе PSE больше процент глобулярных белков по сравнению с мясом NOR. Причем в течение первых 12 часов с момента убоя, их количество резко уменьшается, при этом содержание миофибриллярных белков существенно не меняется. Во время дальнейшего созревания мяса содержание саркоплазматических белков уменьшается в пределах 0,1-0,2 %. Снижения pH до уровня 5,2 соответствует значению изоэлектрической точки белка глобулина X [6] который, составляет 20 % к общему количеству белков мяса, в этом состоянии белок теряет свои гидрофильные свойства, уменьшается ВСС. Нельзя однозначно утверждать, что глобулярный актин, по мере снижения концентрации АТФ переходит в фибриллярную форму с образованием актомиозинового комплекса (рис. 4). У мяса NOR в течение первых 8 часов с момента убоя содержание фибриллярных диссоциированных белков возрастает, что связано с частичным синтезом АТФ за счет остаточного содержания кислорода в тканях, полученного еще при жизни животного, затем снижается, достигая минимума к 16 часам. Через 20 часов после убоя наблюдается пик в содержании миофибриллярных белков в мышечной ткани, с последующим незначительным снижением.

Одновременно с функциональными свойствами, изучались цветовые показатели свинины, в частности, коэффициент корреляции, характеризующий процесс изменений производных миоглобина в ходе созревания. Анализ данных представлен на рисунках 5-7. Кинетика изменений коэффициента корреляции для метмиоглобина, представленная на рис. 5 показывает, что в течение первых 4-х часов коэффициент возрастает, затем снижается и достигает максимума в период посмертного окоченения – через 12 часов с момента убоя (коррелируется с данными рис. 1а). Схожая тенденция наблю-

дается и для мяса NOR, и для мяса PSE. Однако, для мяса PSE коэффициент корреляции больше, что связано с пониженным объемом миофибрилл [7], рыхлой структурой мяса, образованием широких промежутков между отдельными волокнами, и, как следствие, способностью хорошо рассеивать свет. Свет не может проникать вглубь мяса и рассеивается на его поверхности. Миоглобин не может абсорбировать свет.

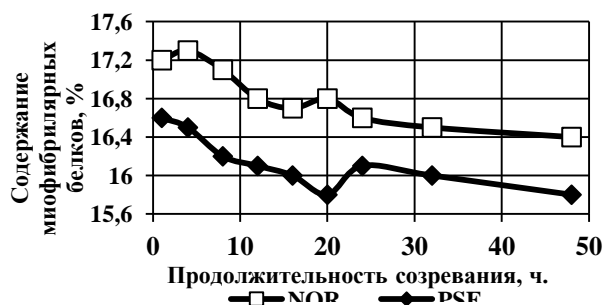


Рис. 4. Изменение содержания миофибриллярных белков в мышечной ткани свинины в ходе созревания

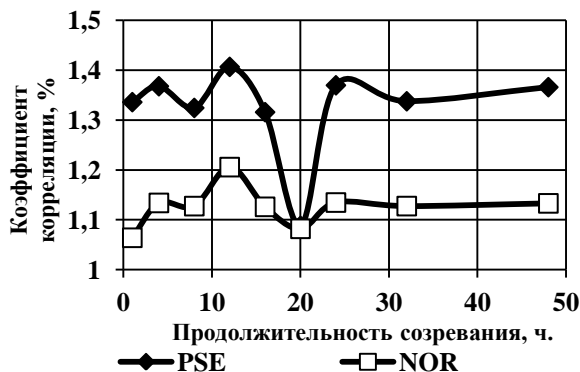


Рис. 5. Кинетика изменения коэффициента корреляции метмиоглобина в ходе созревания

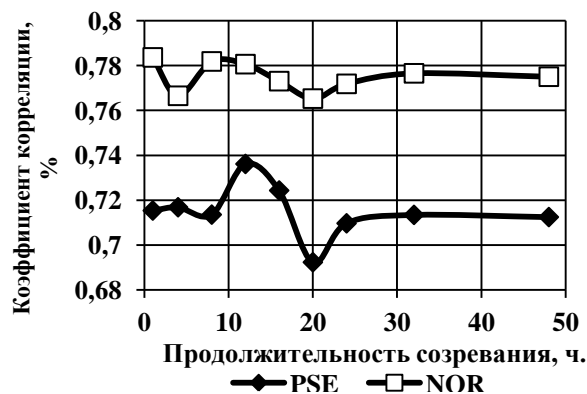


Рис. 6. Кинетика изменения коэффициента корреляции дезоксимиоглобина в ходе созревания

Снижение коэффициента (рис. 5) через 20 часов с момента убоя соответствует тому, что в системе уменьшается общее содержание метмиоглобина. В ходе хранения для мяса NOR этот показатель возрастает не значительно и количественно не изменяется в ходе дальнейшего хранения. Для мяса PSE показатель достигает уровня значений перио-

да посмертного окочення и практически не меняется в ходе хранения.



Рис. 7. Кинетика изменения коэффициента корреляции оксимиоглобина в ходе созревания

На рис. 6 представлены кинетики изменений коэффициентов корреляции характеризующих содержание дезоксимиоглобина в мясе. Для мяса NOR в течении первых 4-х часов, содержание дезоксимиоглобина уменьшается, и возрастает в течении последующих 12 часов хранения. Минимум наблюдается через 20 часов с момента убоя с последующим небольшим возрастанием и стабилизацией в течение последующего созревания. В активной форме миоглобин находится в период с 8 до 12 часов, то есть в этот период он отдает кислород для проведения биохимических реакций. Наименьшую активность миоглобин проявляет через 20 часов с момента убоя. Для мяса PSE содержание миоглобина в двухвалентной формой железа значительно меньше чем мясо NOR. В период времени с 8 до 12 часов коэффициент корреляции значительно возрастает, что свидетельствует об потери фракциями миоглобина лигандов и переходом в нестабильную форму. В дальнейшем, к 20 часам коэффициент корреляции достигает минимума, что характеризует либо частичную денатурацию миоглобина, либо его окисление за счет присоединения электронов при расщеплении водорода (в ходе реакций процесса окислительного фосфорилирования, электроны передаются с одного носителя к другому – процесс хемоосмоса [3]). К 24 часам миоглобин частично восстанавливается и не меняется во времени.

Аналогичная тенденция наблюдается и на рис. 7 Коэффициент корреляции для мяса PSE ха-

рактеризующий содержания оксимиоглобина в свинине, показывает, что в течение первых 4 часов возрастает содержание оксимиоглобина, которое количественно изменяется в пределах погрешности до 16 часов. В 20 часов с момента убоя этот показатель снижается, и возрастает до первоначального уровня через 24 часа, затем, практически не изменяется в дальнейшем ходе хранения. Для мяса NOR коэффициент корреляции незначительно возрастает в течение 4 часов с момента убоя, не изменяется в течение 8 часов и резко возрастает через 12 часов с момента убоя. Минимум показателя наблюдается через 20 часов с момента убоя, с последующим возрастанием.

Исходя из графиков 5 – 7 можно предположить, что через 20 часов с момента убоя миоглобин переходит в окисленную форму с  $Fe^{3+}$ , в этом момент гем миоглобина способен присоединить к себе лиганды, изменяющие окраску мяса. Гемовое железо миоглобина координирует четыре атома азота протопорфирина IX и имидазольный азот Ne проксимального гистидина F8. Шестая координационная позиция атома железа с дистальной стороны гема может быть свободна или занята лигандом. В дезоксимиоглобине (deoxyMb) она свободна и  $Fe^{2+}$  находится в высокоспиновом (вс) состоянии, в оксимиоглобине (oxyMb) она занята молекулой кислорода, и  $Fe(II)$  является низкоспиновым (нс), а в метмиоглобине (metMb) высокоспиновое  $Fe^{3+}$  координирует в этой позиции молекулу воды. Изменение валентности или координации железа обычно сопровождается конформационным g-t превращением макромолекулы белка [8].

**Выводы.** Исходя из данных представленных на рис 1 – 7 можно сделать выводы, что посмертное окоченение свинины наступает в период времени с 12 – 20 часов с последующим разрешением. При этом и для мяса NOR и для мяса PSE наблюдается аналогичные кинетические зависимости. Установленная связь между функциональными и цветовыми характеристиками, позволит создать инструментальные методы оценивания качества свинины с целью рационального использования мясного сырья для производства различных видов мясопродуктов.

#### Список литературы:

1. Заяс, Ю.Ф. Качество мяса и мясопродуктов [Текст] / Ю.Ф. Заяс. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 480 с.
2. Рогов, И.А. Технология мяса и мясных продуктов. Книга 1. Общая технология мяса. [Текст] / И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин. – М.: КолосС, 2009. – 565 с.
3. Фейнер, Г. Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации [Текст] / Г. Фейнер. – Пер. с англ. Н.В. Магды, науч. ред. проф., чл.-кор. Международной академии информации при ООН В.Г. Проселков, канд. техн. наук Т.И. Проселкова. – СПб.: Профессия, 2010. – 720 с.
4. Кудряшов, Л.С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов [Текст] / Л.С. Кудряшов. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 160 с.
5. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст] / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М.: Колос, 2001. – 376с.
6. Изменение цветовых характеристик мяса в процессе технологической обработки: обзор. информ. по информационному обеспечению основных направлений развития отрасли [Текст] / сост.: Л.С.Кудряшов, Г.В. Гуринович; АгроНИИТЭИмясомолпром. – М., 1994. – 33 с. (Мясная промышленность).
7. Винникова, Л.Г. Технология мяса и мясных продуктов [Текст] / Л.Г. Винникова. – Киев: Фирма «ИНКОС», 2006. – 600 с.
8. Кудряшов, Л.С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов [Текст] / Л.С. Кудряшов. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 160 с.
9. Гуринович, Г.В. Интегральная оценка цвета мясопродуктов [Текст] / Г.В. Гуринович, Л.С. Кудряшов, В.В.Ильиных // Экологические проблемы пищевых производств и новые технологии: тез. научных работ. – Кемерово, 1996 г.

Отримано редакцією .06.2013 р.