

УДК 637.525:579.872.1

А.П.Никифорова, И.А. Ханхалаева**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССА ПОСОЛА ГОВЯДИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ**

Проведено исследование процесса посола говядины с применением бакконцентрата пропионовокислых бактерий. Произведен выбор оптимальной дозы бакконцентрата с использованием методов планирования эксперимента.

Посол мяса, планирование эксперимента, массирование мяса, механическая обработка мяса, мясные деликатесы, говядина, бактериальный концентрат, пропионовокислые бактерии.

Введение

В связи с тем что мясные деликатесы пользуются большим потребительским спросом на российском рынке, вопросы повышения эффективности их производства имеют особую актуальность. Их изготовление сопряжено с наиболее трудоемкими и длительными технологическими процессами, начиная от отбора сырья для получения высококачественного продукта.

Следует отметить, что на сегодняшний день деликатесные продукты производятся, главным образом, из свинины. Изготовление продуктов из говядины не имеет широкого распространения. Это связано прежде всего с физико-химическими свойствами сырья, вследствие чего производственный процесс получения изделий из говядины более длителен, чем процесс получения продуктов из свинины.

Вместе с тем в нашей стране говядина занимает первое место в структуре потребления мяса. Это связано, в первую очередь, с традициями и национальным составом населения, а также природно-климатическими условиями.

Известно, что говядина, по сравнению со свининой, характеризуется более высоким содержанием белка (18,9%) и меньшим количеством жира (16,0%). Также она превосходит свинину по общему количеству незаменимых аминокислот, содержит большее количество соединительно-тканых волокон, т.е. обладает лучшими характеристиками с точки зрения адекватного питания. В связи с этим возрастают потребности разработки новых рецептур продуктов из говядины и поиск путей интенсификации их производства.

В основе технологий мясных продуктов лежат длительные ферментативные процессы, в результате которых происходит формирование специфических органолептических и питательных свойств готовых продуктов. Одним из эффективных способов улучшения качества варено-копченых изделий из говядины, обладающей более жесткой консистенцией, чем свинина, является использование биотехнологических методов обработки сырья, в частности, бактериальных концентратов. Они ускоряют ферментативные процессы и повышают функционально-технологические свойства сырья, структурно-механические и органолептические показатели готовых продуктов.

Как было ранее установлено [1], при использовании специально отобранных пропионовокислых бактерий интенсифицируются технологические процессы производства: посол, структурообразование, цветооб-

разование. Наибольший интерес с точки зрения их биотехнологического потенциала представляет штамм *Propionibacterium shermanii* KM-186, обладающий высокой вязкостью, удельной скоростью роста и способностью синтезировать значительное количество экзополисахаридов, что имеет важное значение при производстве цельномышечных мясopодуKтов для повышения влагосвязывающей способности сырья.

Поэтому представляет актуальность планирование эксперимента для изучения процесса посола говядины с использованием бактериальных концентратов в качестве стартовых культур.

Среди многочисленных видов бактерий большой интерес представляют пропионовокислые бактерии. Они обладают пробиотическими свойствами, антиоксидантной и антимуутагенной активностью.

В связи с этим перспективность применения бакконцентратов пропионовокислых бактерий для производства цельномышечных продуктов из говядины не вызывает сомнений.

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследования использовали говядину высшего сорта массой 250–300 г. Посол проводился путем шприцевания бактериального концентрата, содержащего пропионовокислые бактерии *Propionibacterium shermanii* KM-186, выдержки мяса при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 4 часов и последующей заливки рассолом, содержащим поваренную соль, нитрит натрия и сахар. Контролем служил образец, не шприцованный концентратом. В ходе эксперимента определяли следующие показатели:

- влагосвязывающую способность, пластичность – методом прессования по Грау-Хамму в модификации ВНИИМП;
- содержание влаги – высушиванием до постоянной массы;
- напряжение среза – на приборе Уорнера-Братцлера.

Математическую обработку результатов эксперимента, проведенных с 3–5-кратной повторностью, осуществляли при помощи программ MS Excel и Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение

В результате исследований И.С. Хамагаевой и др. [1] были получены данные о биотехнологическом потенциале различных штаммов моно- и поликуль-

тур пропионовокислых бактерий, а также комбинированных заквасок. На основе этих сведений были выбраны наиболее перспективные, с нашей точки зрения, бактериальные концентраты.

Следует отметить, что при производстве варено-копченых изделий из говядины важными параметрами являются влагосвязывающая и влагоудерживающая способности, которые должны быть достаточно высокими. Следовательно, интерес для исследования представляют культуры с высокой вязкостью и большим содержанием экзополисахаридов, положительно влияющих на данные параметры.

Таким образом, для дальнейшего изучения был выбран бакконцентрат, состоящий из пропионовокислых бактерий *Propionibacterium shermanii* КМ-186, который имеет высокую вязкость и содержание экзополисахаридов при достаточной скорости роста.

Известно, что мясо и мясопродукты являются хорошей средой для развития микроорганизмов. Однако некоторые компоненты рассола, такие как поваренная соль, нитрит натрия и другие, могут подавлять деятельность микроорганизмов. Поэтому при применении биотехнологических методов следует уделять особое внимание изучению процесса посола мяса.

Изучение процесса посола заключалось в определении оптимальной дозы бакконцентрата, вносимой в мясное сырье, при которой обеспечиваются высокие технологические показатели мяса, такие как влагосвязывающая способность, пластичность, напряжение среза.

Для решения поставленной задачи было произведено планирование эксперимента при помощи полного факторного эксперимента (ПФЭ-6²). Уровни варьируемых факторов определяли на основе анализа научно-технической информации по состоянию вопроса.

В соответствии с ранее проведенными исследованиями [1, 2] доза концентрата может варьироваться от 1 до 5 единиц активности на 100 кг сырья, поэтому при планировании эксперимента необходимо учесть этот фактор.

Кроме того, было установлено, что развитие пропионовокислых бактерий в мясной среде происходит в среднем через 5–6 часов, следовательно, испытания необходимо проводить каждые 5–6 часов. Традиционно продолжительность процесса посола составляет 24–36 часов. Таким образом, интервал варьирования данного фактора составляет 6 часов, а областью определения является интервал 0–36 часов.

В табл. 1 представлены уровни варьирования факторов процесса посола.

Таблица 1

Уровни варьирования факторов эксперимента

Уровень	X ₁ * (ед. активности)	X ₂ ** (час)
-3	0	0
-2	1	6
-1	2	12
1	4	24
2	5	30
3	6	36

* X₁ (единиц активности) – доза бакконцентрата.

** X₂ (час) – продолжительность процесса посола.

В качестве параметров оптимизации были выбраны влагосвязывающая способность (ВСС), характеризующая сочность готового продукта, а также структурно-механические характеристики, такие как пластичность и напряжение среза.

В табл. 2 приведен план эксперимента процесса посола.

Таблица 2

План полного факторного эксперимента при изучении процесса посола*

№ опыта	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	2	3	4	5	6
1	-3	3	56,16	1,14	420
2	-3	-2	50,51	1,61	380
3	-3	-1	53,34	1,69	340
4	-3	1	56,16	1,76	300
5	-3	2	60,37	2,03	240
6	-2	3	56,16	1,14	420
7	-2	-3	50,9	1,63	360
8	-2	-2	53,89	1,72	320
...

* X₁ (единиц активности) – доза бакконцентрата;

** X₂ (ч) – продолжительность процесса посола;

Y₁ – влагосвязывающая способность; Y₂ – пластичность;

Y₃ – напряжение среза.

В результате анализа были получены адекватные эксперименту математические модели, описывающие зависимость ВСС (Y₁), пластичности (Y₂) и напряжения среза (Y₃) от дозы бакконцентрата и продолжительности посола:

$$Y_1 = 51,821 + 0,184x_1 + 2,499x_2 + 0,0001x_1^2 - 0,448x_2^2 + 0,0097x_1x_2;$$

$$Y_2 = 1,129 + 0,0545x_1 + 0,126x_2 - 0,0012x_1^2 - 0,0241x_2^2 + 0,0026x_1x_2;$$

$$Y_3 = 455,56 - 11,957x_1 - 35,542x_2 + 0,231x_1^2 + 5,247x_2^2 - 0,745x_1x_2.$$

После проверки коэффициентов уравнений на адекватность при помощи критерия Стьюдента и уравнений на адекватность по критерию Фишера лучшим модели следующего вида:

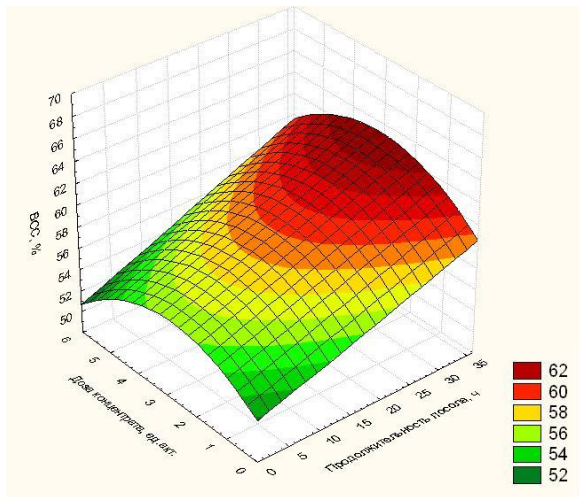
$$Y_1 = 51,821 + 0,184x_1 + 2,499x_2 - 0,448x_2^2;$$

$$Y_2 = 1,129 + 0,0545x_1 + 0,126x_2 - 0,0241x_2^2;$$

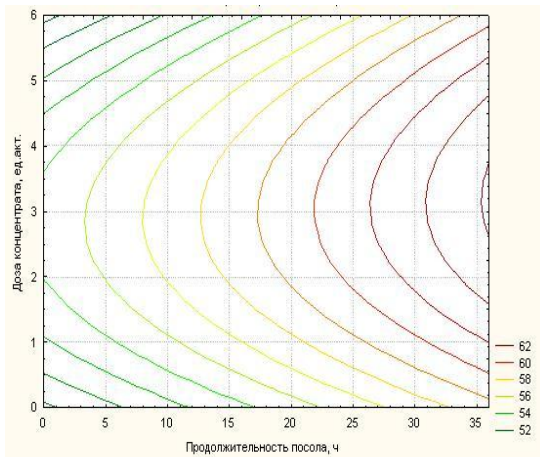
$$Y_3 = 455,56 - 11,957x_1 - 35,542x_2 + 5,247x_2^2.$$

При помощи программы Statistica были построены поверхности по приведенным математическим моделям (рис. 1–3)

Характер изменения влагосвязывающей способности говядины (см. рис. 1) показывает, что наибольшее значение ВСС 60–62% наблюдается при внесении в мясо трех единиц активности концентрата на 100 кг сырья увеличивается в процессе выдержки в посоле. Увеличение влагосвязывающей способности в опытных образцах, по всей видимости, обусловлено присутствием экзополисахаридов, в значительном количестве синтезируемых бактериями, входящими в состав бакконцентрата.



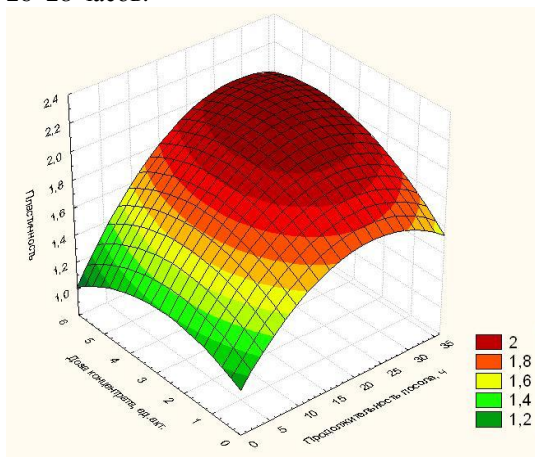
а



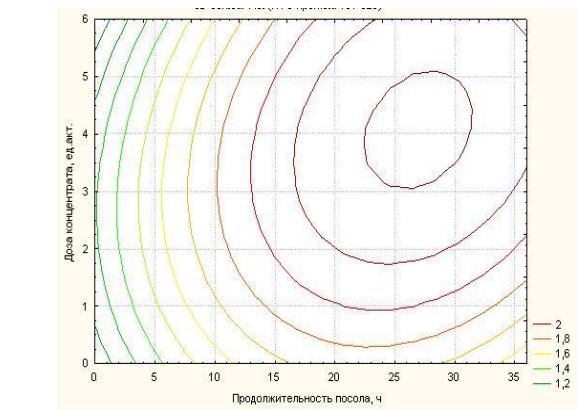
б

Рис. 1. Изменение влагосвязывающей способности мяса при посоле с применением комбинированного бакконцентрата: а) поверхность отклика; б) изолинии ее сечений

Одним из важных показателей мяса в процессе посола является пластичность. Динамика изменения этой характеристики представлена на рис. 2. Наибольшая пластичность образцов (2,2–2,3) 10^{-4} м² наблюдается при добавлении четырех единиц активности бакконцентрата и выдержке в рассоле в течение 26–28 часов.



а

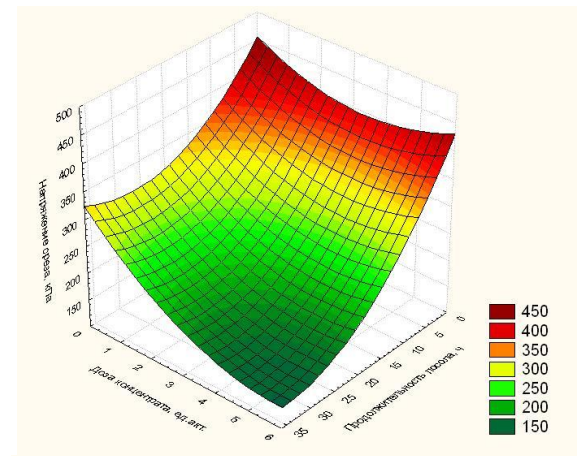


б

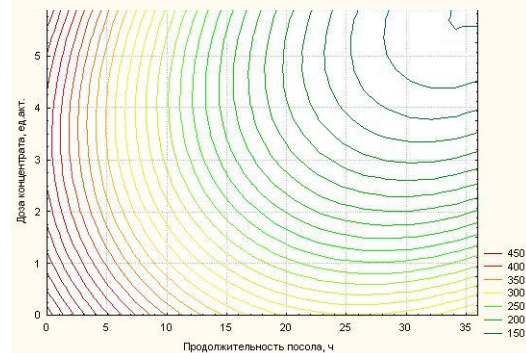
Рис. 2. Изменение пластичности мяса (10^{-4} м²) при посоле с использованием бакконцентрата пропионовокислых бактерий: а) поверхность отклика; б) изолинии ее сечений

Вместе с тем увеличивается и массовая доля влаги в образцах, причем в контрольных образцах в большей степени, чем в опытных. Она достигает наибольшего значения при выдержке в посоле в течение 24 часов при добавлении бакконцентрата в количестве трех единиц активности и составляет 78,16 % (76,69 % – в контрольном образце).

Характер изменения напряжения среза (см. рис. 3) свидетельствует о том, что с увеличением дозы концентрата и продолжительности посола напряжение среза уменьшается и достигает значения 100–150 кПа при 4–6 единицах активности при выдержке в посоле в течение 20–24 часов.



б



б

Рис. 3. Изменение напряжения среза мяса с использованием комбинированного бакконцентрата: а) поверхность отклика; б) изолинии ее сечений

После поиска оптимальных решений при помощи программы Statistica было установлено, что наилучшие результаты достигаются при введении 3–4 единиц активности бакконцентрата на 100 кг сырья.

Анализ результатов исследования позволил прийти к заключению о том, что применение бактериального концентрата пропионовокислых бактерий интенсифицирует производственный процесс, позволя-

ет сократить время посола. Сопоставив полученные данные, можно прийти к следующему выводу: структурно-механические и физико-химические характеристики продукта зависят от дозы вносимого бакконцентрата, причем наилучших значений они достигают при внесении 3–4 единиц активности концентрата на 100 кг сырья, при увеличении дозы концентрата наблюдается ухудшение характеристик.

Список литературы

1. Хамагаева, И.С. Использование пробиотических культур для производства колбасных изделий / И.С. Хамагаева, И.А. Ханхалаева, Л.И. Заиграева. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 204 с.
2. Ханхалаева, И.А. Особенности созревания фарша варено-копченых колбас с новым бакпрепаратом / И.А. Ханхалаева, И.С. Хамагаева, Н.К. Барнакова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 10.

ФГБОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный
технологический университет»,
670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40в.
Тел./факс: (3012) 43-14-15
e-mail: office@esstu.ru

SUMMARY

A.P. Nikiforova, I.A. Khankhalaeva

INVESTIGATION OF BEEF SALTING PROCESS USING BACTERIAL CONCENTRATES

The investigation on beef salting process using bacterial concentrates of *Propionibacterium* has been conducted. An optimal quantity of bacterial concentrate was chosen using experiment design methods.

Meat salting, experiment design, massage of meat, specialty meats, beef.

The East-Siberia State University of Technology
40v, Kluchevskay street, Ulan-Ude, 670013, Russia
Phone/Fax: +7(3012) 43-14-15
e-mail: office@esstu.ru

