

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ РАССОЛОВ ПРИ ПОСОЛЕ МЯСА

Введение

Посол мяса рассматривается не только как способ консервирования мясного сырья и готовой продукции, но и как один из приемов технологической обработки, позволяющий модифицировать свойства основного сырья для последующей выработки из него различных видов и групп мясопродуктов.

Особенно эффективно интенсифицирует процессы посола ультразвуковое поле, которое уменьшает пограничный слой, повышает температуру рассола, изменяет проницаемость волокон, разрывая связи между ними.

В пищевой промышленности широко используются соли щелочных металлов – калия и натрия, отвечающие ортофосфорной кислоте, пищевые фосфаты.

Исходя из исследований можно утверждать, что количество фосфатов в составе рассолов, подверженных кавитационной обработке, может быть снижено на 20 %, что, безусловно, значительно повысит степень экологичности выпускаемых продуктов и снизит химическую нагрузку на организм потребителя.

Результаты и обсуждения

Посол – один из основных и самых сложных способов сохранения качества мясопродуктов. В результате посола мясо приобретает солоноватый вкус, при этом формируется его аромат и улучшаются структурно-механические характеристики.

Многоплановость последствий посола является результатом совокупности последовательно и параллельно происходящих в мясном сырье процессов: проникновение, распределение и накапливание в мясе посолочных компонентов, изменение состояния белковых веществ, изменение форм связи влаги, водосвязывающей способности и массы мяса, изменение микроструктуры исходного сырья, развитие химических и ферментативных процессов с образованием вкусоароматических веществ, изменение количественного содержания и качественного состава микроорганизмов, развитие реакций цветообразования [1, 2].

Таким образом, посол мяса рассматривается не только как способ консервирования мясного сырья и готовой продукции, но и как один из приемов технологической обработки, позволяющий модифицировать

свойства основного сырья для последующей выработки из него различных видов и групп мясопродуктов.

Происходящие диффузионные процессы могут быть описаны законом Фика:

$$\frac{dc}{d\tau} = D \frac{d^2c}{dx^2}, \quad (1)$$

где $dc/d\tau$ – скорость процесса; dc/dx - градиент концентрации.

В гетерогенной системе "рассол-мясо" наблюдается внешняя граничная (диффузия в рассоле, прилегающем к границе раздела фаз) и внутренняя диффузия.

Внешняя диффузия. Соль из рассола в продукт и внутри продукта переходит при всех условиях диффузно-осмотическим путем. При этом концентрация соли вблизи поверхности значительно ниже средней для всего объема рассола, и образуется так называемый пограничный слой. При отсутствии конвекции соль из рассола в продукт переходит с небольшой скоростью.

При внешнем воздействии (механическое перемешивание, барботирование, повышение температуры, подкрепление концентрации рассола) можно вызвать молекулярный перенос и выравнивание концентрации соли в рассоле до средней. В этом случае толщина пограничного слоя будет уменьшаться и скорость процесса посола возрастет. В состоянии покоя для системы «рассол-продукт» по существу весь слой рассола приобретает свойства пограничного слоя. При турбулентном перемешивании скорость посола возрастает в 1,1–1,5 раза [3].

Особенно эффективно интенсифицирует процессы посола ультразвуковое поле, которое уменьшает пограничный слой, повышает температуру рассола, изменяет проницаемость волокон, разрывая связи между ними.

Таким образом, при внешней и пограничной диффузии идет накопление соли на поверхности продукта.

Изменение вкуса и аромата мяса при посоле связано с развитием биохимических реакций и микробиологических процессов в результате накопления в нем посолочных веществ (поваренной соли, нитрита натрия, сахара, аскорбинатов, фосфатов и т. п.). В ходе посола белки подвергаются протеолизу, в результате чего накапливаются дипептиды, глютаминовая кислота, пептиды, жирные кислоты, диацетил, ацетоин, однако процесс идет медленно вследствие тормозящего действия соли [4]. Улучшение вкуса происходит и при последующей тепловой обработке соленого мяса: белки дезаминируются, декарбоксилируются, переаминируются, в результате чего образуются свободные аминокислоты и побочные вещества. При этом белки могут участвовать в реакции меланоидинообразования (реакция Майяра) между свободными аминокислотами и сахарами, в результате чего цвет и запах изменяются.

Одновременно при дезаминировании образуются летучие жирные кислоты [5].

В мясной промышленности используют сухой, мокрый и смешанный виды посола.

Смешанный посол – сочетание мокрого и сухого способов. Мясное сырье инъецируют рассолом, натирают посолочной смесью, выдерживают в штабелях и затем заливают рассолом (30–60 % к массе сырья).

При посоле используют простые и сложные рассолы. Простые рассолы в составе имеют традиционные посолочные вещества – поваренную соль, нитрит натрия, сахар. Норма введения – 20–35 % к массе исходного сырья. Это истинные растворы с высокой кинетической и термодинамической устойчивостью. Их использование обеспечивает получение выхода готовой продукции в пределах 75–100 %.

Сложные рассолы наряду с посолочными компонентами включают в состав пищевые фосфаты и белковые препараты. Эти рассолы вследствие наличия нерастворимых белковых препаратов являются суспензиями. Норма их введения в мясное сырье составляет 35–60 %.

В системе производства мясопродуктов, как правило, используется сухой метод посола. Мокрый и смешанный методы практически не используются, в связи с чем представляется актуальным использование мокрого посола и метода его интенсификации при производстве мясопродуктов.

В пищевой промышленности широко используются соли щелочных металлов – калия и натрия, отвечающие ортофосфорной кислоте, пищевые фосфаты. Ортофосфаты и гидроортофосфаты, растворяясь в воде, дают щелочную реакцию раствора. При этом водородный показатель используемых в пищевой промышленности растворов фосфатов имеет то же значение, что и у используемых, например, при электродиализе, католитов. Однако при производстве, например, вареных колбас католиты вводятся в биомассу не на этапе предварительного посола сырья, а при составлении фаршей. Но, используя пищевые фосфаты для получения имеющих щелочную реакцию среды растворов посолочных веществ для посола сырья, не нужно будет осуществлять электродиализ растворяющей среды, затрачивая на него энергию, и использовать специализированное оборудование [6].

Если после растворения посолочных веществ, в состав которых будут входить пищевые фосфаты, обработать раствор кавитацией, то она вместе с другими электролитами усилит степень диссоциации молекул и позволит создать гидратные оболочки вокруг дополнительно образовавшихся ионов из мономолекул воды, сделав их стабильными. Это даст возможность получить сверхсуммарный эффект от совместного использования кавитационной обработки рассола, содержащего фосфорные соли, по сравнению с традиционным

процессом внесения фосфатов отдельно от кавитационно обработанного рассола [7, 8].

Сравнение электрохимических свойств раствора натрия хлорида, полученного при сонохимической обработке католита и растворов натрия хлорида в смеси с фосфатами (натрия ортофосфатом, натрия гидроортофосфатом) осуществлялось по специальному алгоритму.

Готовился слабый раствор натрия хлорида марки ХЧ в воде с исходным уровнем минерализации в пересчете на NaCl, позволяющим получать при электродиализе катодную фракцию с рН равным $9,0 \pm 0,1$, далее доводили содержание NaCl, контролируя его электрокондуктометром, до 10 г в 100 г. Образцы готовили следующим образом: № 1 – растворялся NaCl до его содержания 10 г в 100 г раствора; № 2, № 3, № 4 и № 5, приготовленные в соответствии с установленными граничными значениями диапазона содержаний фосфатов – растворялся NaCl до его содержания 10 г в 100 г раствора, затем растворялся по 0,7 г и 1,8 г, а также по 0,6 и 2,0 г Na_3PO_4 и Na_2HPO_4 соответственно.

В результате у образцов растворов были получены следующие параметры (табл. 1).

Таблица 1- Зависимость рН растворов от вида фосфатов

ПАРАМЕТР ОБЪЕКТ	Измеренное значение рН				
	контроль (1)	в обработанных образцах растворов			
		2	3	4	5
Na_3PO_4	9,0	12,2	13,1	12,1	13,3
Na_2HPO_4		9,0	9,9	8,9	10,1

Из таблицы 1 видно, что соответствующие образцы № 2 и № 3 растворов с фосфатами имеют водородный показатель не ниже, чем у образца № 1 раствора, приготовленного на основе католита, но при их приготовлении не потребовалось осуществлять электродиализ, используя диафрагменный электролизер, и затрачивать на это электроэнергию. Кроме того, известно, что рН однопроцентного раствора ортофосфата натрия равен 12,1, а гидроортофосфата – 8,9. В растворе, соответствующем разработанной технологии (например, образец № 2) содержание смеси этих веществ составляло по отношению к воде 0,78 %, а значение рН выше, чем у двухзамещенного ортофосфата, что характеризует более высокую степень диссоциации, обеспеченную кавитационной обработкой. При количестве фосфатов меньше нижнего предела найденного диапазона содержания фосфатов в растворе, водородный показатель раствора гидроортофосфата (образец № 4) не обеспечивает значение рН, как у контрольного образца. При превышении верхнего предела диапазона содержания фосфатов в

растворе (образец № 5) не обеспечивается допустимое содержание фосфатов, если его принять за 0,3 % по стандарту согласно ГОСТ 23670-79. Таким образом, можно утверждать, что количество фосфатов в составе рассолов, подверженных кавитационной обработке, может быть снижено на 20 %, что, безусловно, значительно повысит степень экологичности выпускаемых продуктов и снизит химическую нагрузку на организм потребителя.

В таблице 2 приведены результаты экспериментов, выполненных с целью уточнения формулы связывания воды в неравновесном термодинамическом состоянии мясным фаршем. Для этих целей использовался метод контроля потерь массы фаршем во время термообработки при температурах, близких к температуре кипения, который предложил проф. А. Фишер из университета Хоэнхайм. Суть метода состоит в том, что воду, имеющую различные формы связи с биомассой исследуемого образца, приводят в термодинамическое равновесие с ее насыщенным паром при атмосферном давлении. При этом считают, что вода, объемная концентрация которой в образце стала равной концентрации ее в окружающем насыщенном паре – это свободная вода, соответственно, остальная – связанная [5].

Мясной фарш готовили путем измельчения в равных количествах говядины 2 сорта и свинины полужирной через решетку с диаметром отверстий 7 мм. Были приготовлены три партии фарша по 3 кг образцами по 100 г каждая. Первая партия была приготовлена из мяса с пороком DFD ($\text{pH} > 6,2$), вторая – из нормального мяса NOR ($5,8 < \text{pH} < 6,2$) и третья – из мяса с пороком PSE ($\text{pH} < 5,6$). В каждом из образцов всех трех партий было измерено значение pH . Полученные значения показателя pH сведены в таблицу 2.

Рассол в виде насыщенного раствора соли был приготовлен и разделен на две части. Каждый образец был также разделен на две части, Первые составили контрольные образцы, вторые – опытные. В контрольные образцы был внесен рассол из расчета 3,85 г (3,2 мл) на образец. Для опытных образцов рассол был обработан перед посолом в кавитационной установке РКУ-0,63 при установленных выше режимах. Время выдержки в посоле составляло 30 мин при температуре равной 22°C.

Параметр Δ_i , показывающий содержание в образцах мяса, посоленных с сонохимическим воздействием гидратационно и капиллярно-связанной влаги (%), определялся как разность потерь с образцами партий, посоленных необработанным рассолом. Значения параметра Δ_i приведены в таблице 3.

Таблица 2 - Показатель рН мяса в зависимости от пороков автолиза

Номер образца	Значение рН в мясе		
	DFD	NOR	PSE
1	6,82	5,79	5,23
2	6,55	5,66	5,35
3	6,58	6,06	5,02
4	6,43	5,96	5,20
5	6,32	6,01	5,09
6	6,41	6,15	5,47
7	6,30	5,96	5,37
8	6,60	5,82	5,32
9	6,51	5,98	5,36
10	6,46	5,88	5,18
11	6,69	6,09	5,13
12	6,33	5,86	5,30
13	6,32	6,05	5,42
14	6,44	5,72	5,50
15	6,24	5,76	5,25
16	6,60	5,88	5,29
17	6,14	6,23	5,25
18	6,44	5,90	5,00
19	6,54	5,84	5,27
20	6,61	5,72	5,02
21	6,41	6,15	5,12
22	6,56	5,71	4,90
23	6,23	5,78	4,98
24	6,24	5,49	5,21
25	6,45	5,86	5,10
26	6,48	5,63	5,40
27	6,62	6,13	5,40
28	6,23	5,76	5,07
29	6,38	5,92	5,55
30	6,65	5,76	5,10

Коэффициенты корреляции между pH_i и \square_i показали, что на величину влагоудержания образцов в эксперименте повлияло значение рН мяса на 85, 92 и 91 %, соответственно. В результате в формулу связывания белками мяса обработанной воды профессора С.Д. Шестакова вида $m = -0,16 \times p \times \lg(s) \%$, где p – процентное содержание в мясе белка, s – размер измельчения (диаметр измельчающей решетки), была введена поправка на водородный показатель среды фарша. Она приобрела следующий вид:

$$m = -0,0175 \cdot 1,45^{pH} p \cdot \lg(s) \quad (2)$$

Наглядное представление результатов исследований дает графическое изображение pH_i и \square_i , которое показано на рис. 1 и 2. На них изображены, средние значения этих параметров по всем их массивам. Они составляют для мяса DFD – 6,45 ед., для мяса NOR– 5,88 ед., для мяса PSE – 5,23 ед.

Таблица 3 - Количество гидратной влаги в зависимости от рН мяса

№ образца	Значение параметра □□		
	DFD	NOR	PSE
1	10,20	3,55	3,91
2	9,56	3,45	3,71
3	6,10	2,23	6,02
4	6,65	4,60	6,18
5	10,76	9,15	4,29
6	8,08	1,43	8,19
7	7,24	2,19	5,14
8	5,45	0,67	5,07
9	9,06	7,98	4,41
10	4,68	0,10	5,63
11	10,30	10,71	4,70
12	4,82	5,31	4,67
13	5,07	10,24	6,25
14	3,94	7,52	5,79
15	8,00	7,41	2,09
16	7,75	4,90	3,98
17	7,68	5,37	7,10
18	7,88	1,85	1,04
19	9,80	6,90	6,44
20	9,00	8,71	4,27
21	6,18	10,55	2,79
22	6,06	8,61	0,96
23	1,52	6,39	2,34
24	6,22	8,16	1,61
25	12,22	11,19	10,12
26	2,44	2,67	3,44
27	8,24	3,44	5,39
28	1,76	2,35	-0,08
29	9,13	8,01	1,47
30	6,66	7,51	4,84

Средние значения разницы термопотерь у образцов партий фаршей, посоленных необработанным и обработанным рассолом, или количество гидратационно-связанной в них влаги, составляют для мяса DFD – 7,04 %, для мяса NOR – 5,68 %, а для мяса PSE – 4,26 %. Разница ощутимая. Она свидетельствует об эффективности исследования кавитационной обработки рассолов при посоле мяса, имеющего дефекты автолиза.

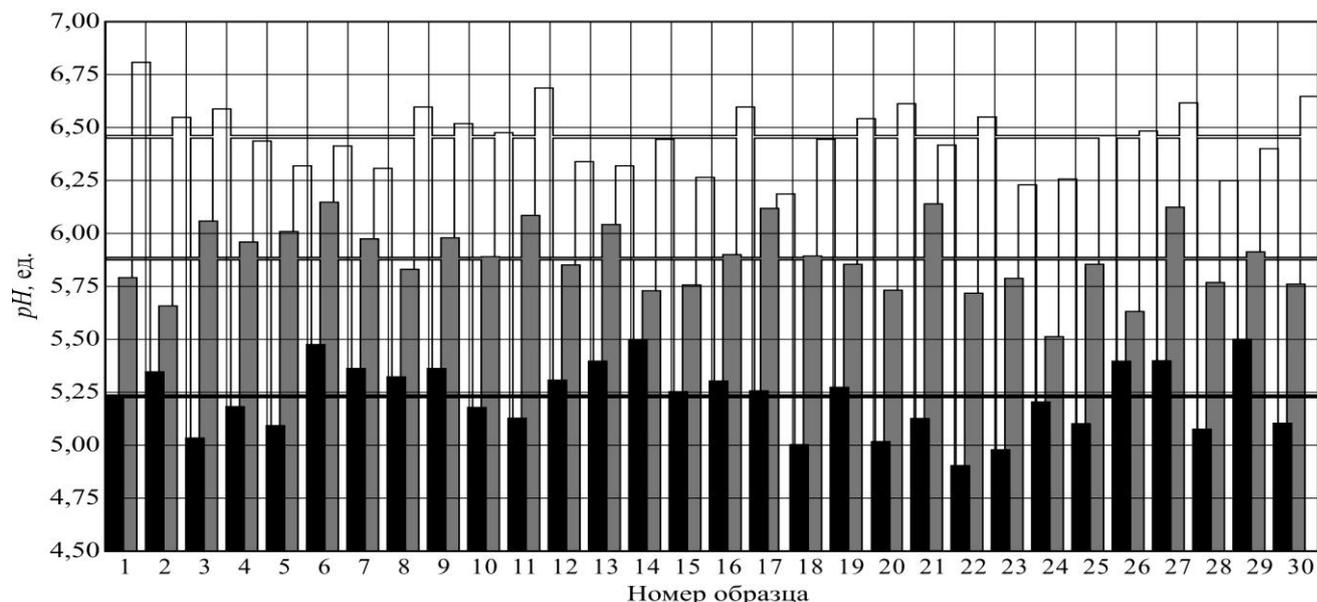


Рис. 1. Значение рН в образцах первой (DFD) – □, второй (NOR) – ■ и третьей (PSE) – ■ партий фаршей

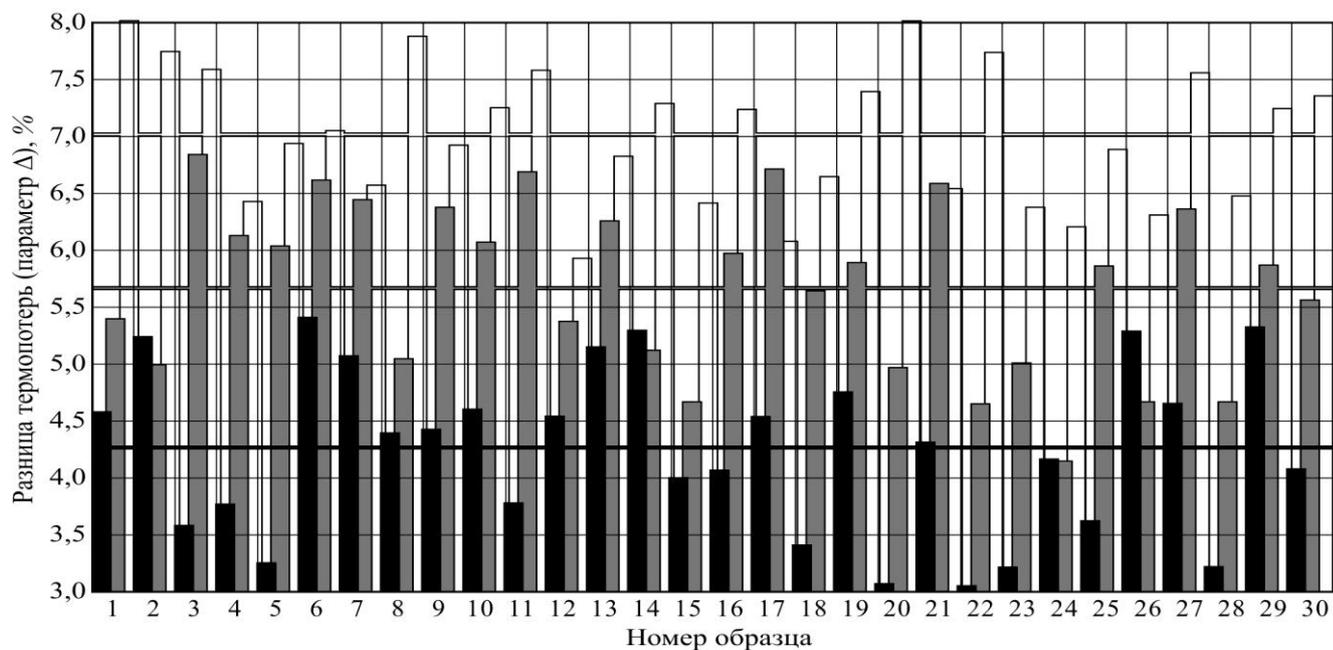


Рис. 2. Разница термопотерь (количество гидратной влаги) у образцов партий фаршей, посоленных необработанным и обработанным рассолом (количество гидратационно-связанной влаги). Обозначение аналогично рис. 1

Литература

1. Афанасов, Э.Э Перспективные направления совершенствования процесса шприцевания кусковых мясопродуктов / Э.Э Афанасов, С.А. Рыжов // Мясная индустрия. – 1998. – № 2. С.10–13.

2. Борисенко, Л.А. Биотехнологические основы интенсификации производства мясных соленых изделий / А.А. Борисенко, А.А. Брацихин – М.: ДеЛипринт, 2004. – 160 с.
3. Борисенко, Л.А. Научно-технические основы интенсивных технологий посола мяса с применением струйного способа инъектирования многокомпонентных и активизированных жидких систем // Автореф. дисс. докт. тех. н. М.: ВНИИМП, 1999, 49с.
4. Брацихин, А.А. Научно-практические аспекты интенсификации технологических процессов с использованием наноактивированных жидких сред при производстве мясопродуктов // Автореф. дисс. докт. тех. н. Ставрополь: 2009, 48с.
5. Тышкевич, С. Исследование физических свойств мяса / С. Тышкевич, Под ред. проф. А.А. Соколова – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 95 с.
6. Ashokkumar, M. at al. Hot topic: Sonication increases the heat stability of whey proteins // J. Dairy Sci., 92, 2009, p. 5353–5356.
7. Ashokkumar, M. at al. The ultrasonic processing of dairy products. [Текст] // Dairy Science and Technology, K 90, 2010, pp. 147–168.
8. Ashokkumar M. Hydrodynamic cavitation an alternative to ultrasonic food processing [Текст] / Rink R., Shestakov S. // Electronic Journal «Technical Acoustics», <http://www.ejta.org>, 2011, № 9.

O. Aniskevich

USING OF SONOKHIMICHESKY TREATMENT OF BRINES FOR SALTING OF MEAT

The ambassador of meat is examined not only as a method of canning of meat raw material and prepared products but also as one of receptions of technological treatment, allowing to modify properties of basic raw material for the subsequent making from him different kinds and groups of meat.

Especially effectively the ultrasonic field, that diminishes a frontier layer, promotes the temperature of brine, changes permeability of fibres, intensifies the processes of salting, tearing connections between them.

Salts of alkaline metals are widely used in food industry - potassium and natrium, answering acid, food phosphates.

It is possible to assert coming from researches, that the amount of phosphates in composition brines subject to sonokhimichesky treatment can be mionectic on 20%, that, undoubtedly, considerably will promote the degree of ecofriendlyness of the produced products and will bring down the chemical loading on the organism of consumer.