

для виготовлення щільном'язових продуктів з м'яса птиці: тиск 250 МПа та тривалість обробки 20 хв, тривалість витримки у посолі 6 годин. Завдяки фізичній обробці високим тиском скорочується тривалість витримки у посолі, ВЗЗ м'яса збільшується, що позитивно вплине на органолептичні показники готового продукту.

Перспективи подальших досліджень. Удосконалення технології виготовлення готового продукту з використанням обробки високим гідростатичним тиском; промислова апробація розробленої технології; розробка НД на виробництво готової продукції.

Література

1. <http://www.proagro.com.ua/member/agrosphere/AS415/article/?aid=11226>
2. Винникова Л.Г. Технологія м'яса і м'ясних продуктів. – Київ: Фирма «ИНКОС», 2006. – 600 с.
3. Лисицын А.Б. Теория и практика переработки мяса. – М.: ВНИИМП, 2004. – 378 с.
4. Борисенко Л.А. Биотехнологические основы интенсификации производства мясных соленых изделий. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 163 с.
5. Рыбалкин С.Н. Эффективность тендеризации при производстве мясных деликатесов // Мясная индустрия. 2004. – № 11. – С. 21.
6. Василевский О.М. Интенсификация операций посола при производстве мясных продуктов из цельномышечного сырья // Мясные технологии. 2005. – № 5(29). – С. 3-5.
7. Туменов С.Н. Обработка мясных продуктов давлением. – М.: Агропромиздат, 1991. – 205 с.
8. Macfarlane J.J. High pressure technology and meat quality // Dev. Meat Sci. 1985. – Vol. 3. – P. 155-184.
9. Cheftel J.C. Effects of high pressure on meat: a review // Meat Science. 1997. – Vol. 46, – N. 3. – P. 211-236.
10. Knorr D. Effects of high-hydrostatic-pressure processes on food safety and quality// Trends in Food Science and Technology. – 1993. – Vol. 4. – P. 370-375.
11. Сукманов В.А. Сверхвысокое давление в пищевых технологиях. Состояние проблемы. – Донецк: ДонГУЭТ, 2003. – 168 с.
12. Журавская Н.К. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 296 с.

УДК 637.51'62:532.135:[577.31:004.942]

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИНЕТИКИ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОВЯДИНЫ В ПРОЦЕССЕ АВТОЛИЗА

Савинок О.Н., канд. техн. наук, доцент

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Косой В.Д., д-р техн. наук, проф., Рыжов С.А., д-р техн. наук, проф., Пудов М.А.

Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва

Рассмотрена кинетика изменения технологических показателей и реологических характеристик сырой и бланшированной говядины в процессе созревания после убоя при одностадийном охлаждении. Получены их математические зависимости, позволяющие определить показатели в любой период созревания и их критические значения.

The kinetics of changes of technological properties and rheological characteristics of raw and blanched beef during ageing at on-stage chilling has been considered. Their mathematical dependencies allowing determine indices at any time of ageing, and their critical values.

Ключевые слова: автолиз, созревание, говядина, технологические и реологические характеристики, математическая модель.

После убоя животного наступают автолитические изменения (процесс посмертного окоченения) в мышечных тканях мяса. Этот процесс связан с биохимическими превращениями и визуально выражается в упрочнении структуры мяса, за счет укорочения его мышц. Полное развитие процесса окоченения, по мнению многих исследователей [1,2], проводимых свои эксперименты в различные периоды времени, наступает в течение первых суток. Продолжительность данного процесса будет зависеть от ряда факторов, затем начинается постепенное расслабление мышц. Этап созревания мяса в послеубойный период

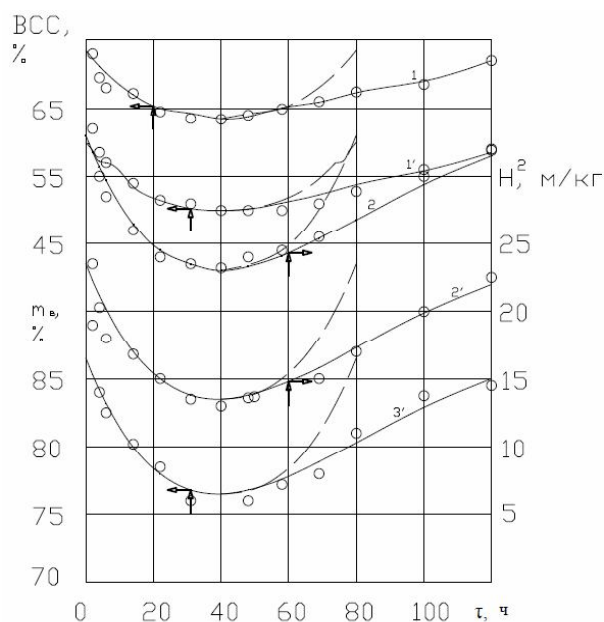
существенно влияет на качественные показатели мяса, при этом улучшаются функциональные показатели мяса: уменьшается жесткость и другие реологические характеристики, увеличивается нежность, влагосвязывающая способность и соответственно выход продукции. Полуфабрикаты, вырабатываемые из такого сырья более стойки при хранении за счет снижения активности воды.

Качество мяса будет зависеть, не только от степени развития послеубойных процессов, но и от породы животного, его содержания, кормления, возраста и других факторов, которые оценить в производственных условиях практически невозможно. Для объективной оценки происходящих в мясе процессов можно использовать его химико-физические свойства. Их определение и анализ в начале процесса автолиза, позволит получить критерий, используя который можно определить зависимость связывающую его с кинетикой процесса автолиза.

Предоставленный материал является продолжением ранее опубликованной статьи [3]. Анализ статьи показал, что предлагаемая параболическая математическая модель хорошо работает только в первой зоне созревания мяса говядины, т.е. до критического значения продолжительности созревания, равного 40 ч. Погрешность расчета, по соответствующей модели технологических и реологических характеристик в первой зоне созревания составляет не более 5 %. Во второй зоне, при $\tau = 40$ ч., погрешность расчета резко возрастает и достигает 20 – 30 % при $\tau = 69$ ч.

Для уточнения характера изменения технологических и реологических показателей мяса говядины от продолжительности процесса его созревания во втором периоде, были проведены дополнительные исследования в широком диапазоне переменной величины, от 40 до 120 ч. При этом методология, используемые методики и приборы описаны в работе [3]

К изучаемым в наших экспериментах технологическим показателем мяса говяжьего (ТПМ) относятся: влагосвязывающая способность (BCC_c и BCC_{σ} , %); нежность (H_c и H_{σ} , m^2/kg) соответственно сырого и бланшированного мяса, а также выход мяса после термической обработки – бланширования (m_b , %), которая является наиболее важной величиной для производителей. Рассмотренные показатели в широком диапазоне продолжительности созревания (τ , ч) мяса от 2 до 120 часов приведены в таблице 1. На базе экспериментальных данных, приведенных в таблице 1, построены графические зависимости изменения технологических показателей мяса говядины от продолжительности его выдержки после убоя (рис. 1).



1, 1' – влагосвязывающая способность (BCC); 2, 2' – нежность мяса соответственно сырого (1, 2) и бланшированного (1', 2'); 3' – выход (m_b), бланшированного мяса

Рис. 1 – Кинетика изменения технологических показателей сырого и бланшированного мяса в процессе созревания

Анализируя графические зависимости (рис. 1) можно сделать вывод, что вторая зона созревания, продолжительностью от 10 до 100 ч изменения технологических показателей, не соответствует параболической модели. Поэтому, чтобы создать объединенную математическую модель, характеризующую обе зоны созревания (окончания и восстановление) использовали специальную компьютерную программу.

Таблиця 1— Изменения технологических показателей* сырого и бланшированного мяса в процессе созревания

Продолжительность созревания t, час	Технологические показатели														Вспомогательный показатель	
	ВСС _{СЭ} , %	ВСС _{СР} , %	Δ, %	ВСС _{СЭЭ} , %	ВСС _{СРР} , %	Δ, %	Н _{СЭ} , М/КГ	Н _{СР} , М/КГ	Δ, %	Н _{СЭЭ} , М/КГ	Н _{СРР} , М/КГ	Δ, %	т _{ВЭ}	т _{ВР}	Δ, %	cos (π/2)
0	-	73,5	-	-	60,0	-	-	33,0	-	-	23,5	-	-	86,5	-	1,000
1	-	72,9	-	-	59,4	-	-	32,4	-	-	22,9	-	-	85,9	-	0,878
2	73,0	72,3	1,0	62,0	58,8	5,0	33,5	31,8	5,1	23,5	22,3	5,1	89,0	85,3	4,2	0,767
4	69,5	71,2	-2,4	58,5	57,2	2,2	30,0	30,7	2,3	20,3	21,2	-4,4	84,0	84,2	-0,2	0,540
6	68,0	70,2	-3,2	57,0	57,0	0	28,5	29,7	4,2	18,0	20,2	-11,0	82,5	83,2	-0,8	0,339
14	67,2	67,0	0,3	54	53,5	0,9	26,0	26,5	1,9	16,8	17,0	-1,2	80,2	80,0	0,25	-0,296
22	64,5	65,0	-1,6	51,5	51,5	0	24,0	24,5	2,1	15,0	15,0	0	78,5	78,0	0,6	-0,699
31	63,5	63,8	-0,5	51,0	50,3	1,4	23,5	23,5	0	13,5	13,8	-1,5	76,0	76,8	-1,1	-0,936
40	63,4	63,5	0,16	50,0	50,0	0	23,2	23,0	0,9	13,0	13,5	-3,8	-	76,5	-	-1,000
48	64,0	63,8	0,3	50,0	50,2	0,4	24,0	23,3	2,9	13,6	13,8	-1,5	76,0	76,8	-1,1	-0,948
58	64,9	64,6	0,5	50,0	51,1	2,2	24,5	24,1	2,0	14,3	14,6	-2,1	77,2	77,6	-0,5	-0,786
69	66	65,9	0,15	51,0	52,3	2,6	25,5	25,4	0,4	15,0	15,8	-5,3	78,0	78,9	-1,2	-0,530
80	67,4	67,3	0,15	52,8	53,8	1,9	26,5	26,8	-1,1	17,0	17,3	-1,8	81,0	80,3	0,9	-0,238
100	68,5	69,0	-0,7	56,0	55,8	0,4	30,0	29,4	2,0	20,0	19,9	0,5	83,0	82,9	0,12	0,284
120	72,0	72,0	0,7	58,8	58,5	0,5	32	31,5	1,6	22,5	22,0	2,2	84,5	85,0	-0,6	0,690

* Технологические показатели с индексом "Э" и "Р" являются соответственно экспериментальными или расчетными значениями

Компьютерная обработка табличного и графического материала позволила получить математическую модель, характеризующая кинетику технологических показателей в процессе созревания мяса говядины, в пределах от 2 до 120 ч, следующего вида:

$$TMM = A \left[\vartheta + \cos \left(\frac{\sqrt{\tau_*}}{2} \right) \right], \quad (1)$$

где A – коэффициент, имеющий размерность конкретного технологического показателя (BCC , H , m_B) и равный 5; ϑ – эмпирический коэффициент характеризующий технологический показатель и равный для BCC_c - 13,7; BCC_σ - 11,0; H_c - 5,6; H_δ - 3,7; m_B =16,3.

Подставляя в математическую модель конкретные коэффициенты, получаем частные зависимости:

$$BCC_c = 5 \left[13,7 + \cos \left(\frac{\sqrt{\tau_*}}{2} \right) \right] \quad (1a)$$

$$BCC_\sigma = 5 \left[11,0 + \cos \left(\frac{\sqrt{\tau_*}}{2} \right) \right] \quad (1б)$$

$$H_c = 5 \left[5,6 + \cos \left(\frac{\sqrt{\tau_*}}{2} \right) \right] \quad (1в)$$

$$H_\delta = 5 \left[3,7 + \cos \left(\frac{\sqrt{\tau_*}}{2} \right) \right] \quad (1г)$$

$$m_B = 5 \left[16,3 + \cos \left(\frac{\sqrt{\tau_*}}{2} \right) \right] \quad (1д)$$

Для упрощения расчета технологических показателей в процессе созревания в таблице 1 приведены значения вспомогательного показателя: $\cos(\sqrt{\tau_*}/2)$. Расчетное значение технологических показателей мяса по зависимостям (1a-1г) при определенной продолжительности его созревания и их погрешность расчета (Δ , %), приведены в таблице 1.

Погрешность расчета определяли по зависимости:

$$\Delta = \left[\frac{TMM_\vartheta - TMM_p}{TMM_\vartheta} \right] \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где TMM_ϑ и TMM_p – величины, полученные соответственно экспериментальным или расчетным путем. Погрешность расчета всех исследуемых технологических показателей мяса не превышает 5 %.

При выдержке мяса даже в течение 120 ч, технологические показатели мяса не достигают их первоначальных значений определенных при 2 часах созревания после убоя животного, а соответственно при 3-4 часах выдержки.

Таким образом, значение технологических показателей мяса при выдержке его даже до 120 ч не достигают качества парного мяса.

Реологические характеристики позволяют определить прочностные и упругие свойства мяса, по которым можно оценить один из важнейших для потребителей показателей качества – консистенцию.

В приведенных комплексных исследованиях, кроме рассмотренных выше технологических показателей, определяли реологические характеристики: предельное напряжение сдвига (σ_{cp} , Па), модуль упругости (E , Па) и предельное пенетрационное напряжение ($\theta_{\text{л}}$, Па), характеризующее жесткость мяса, обратная величина которого оценивает его нежность.

Полученные ранее [3] уравнения для определения реологических характеристик параболической математической модели следующие:

$$\sigma_{cp} = 22 \left[3170 - (\tau_{1*} - 40)^2 \right] \quad (3a)$$

$$E = 260 \left[2800 - (\tau_{1*} - 40)^2 \right] \quad (3б)$$

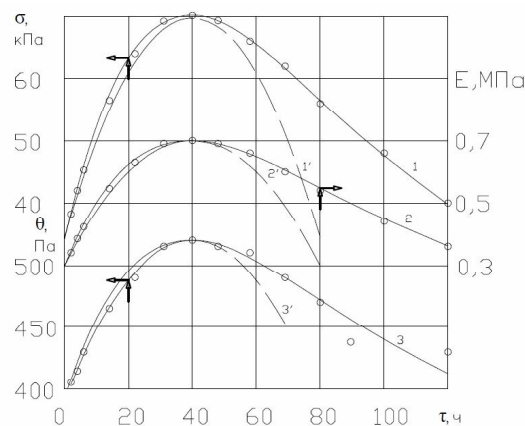
$$\theta_{II} = 0,08 \left[6500 - (\tau_{1*} - 40)^2 \right] \quad (3в)$$

Данные реологические характеристики, полученные экспериментальным путем или расчетным путем и погрешность расчета (Δ , %), приведены в таблице 2.

Величины, полученные по уравнениям (3) хорошо коррелируют с экспериментальными данными не только в первой зоне созревания или автолиза, а практически до 48 ч выдержки, что видно из таблицы 2.

Используя компьютерную программу, получили математическую модель, описывающую две зоны созревания, аналогичную модели (рис. 1) и имеющую обратную зависимость, следующего вида:

$$PXM = A \left\{ \sigma + \left[1 - \cos \left(\frac{\sqrt{\tau_*}}{2} \right) \right] \right\} \quad (4)$$



1,1' – предельное напряжение среза; 2,2' – модуль упругости; 3,3' – предельное пенетрационное напряжение; 1,2,3 и 1',2',3' – кривые, построенные по математическим моделям соответственно (4) и (3)

Рис. 2 – Изменение реологических характеристик мяса говядины в процессе его выдержки после убоя

Из модели (4) получаем следующие уравнения для определения конкретных реологических характеристик:

$$\sigma_{ср} = 18 \cdot 10^3 \left\{ 1,9 + \left[1 - \cos \left(\frac{\sqrt{\tau_*}}{2} \right) \right] \right\} \quad (4а)$$

$$E = 0,2 \cdot 10^6 \left\{ 1,5 + \left[1 - \cos \left(\frac{\sqrt{\tau_*}}{2} \right) \right] \right\} \quad (4б)$$

$$\theta_{II} = 63,4 \cdot 10^3 \left\{ 6,2 + \left[1 - \cos \left(\frac{\sqrt{\tau_*}}{2} \right) \right] \right\} \quad (4в)$$

Погрешность расчета реологических характеристик по математической модели (4) в соответствии с уравнениями (4а-4в) не превышает 3 %, что видно из таблицы 2.

По табличным расчетным данным построены графические зависимости (рис. 2) с экспериментальными точками значений реологических характеристик, показывающие их разброс по отношению к теоретической кривой. Полученные графические зависимости (рис. 2) иллюстрируют кинетику реологических характеристик мяса в процессе его созревания.

Таким образом, представленные результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что максимальное развитие автолиза, т.е. посмертного оконченения наблюдается через 40 часов после убоя, что совпадает с окончанием процесса охлаждения мяса. Начало улучшения регенерации функциональных показателей происходит не ранее чем через 40-50 часов. Рекомендованным сроком послеубойной выдержки (созревания) может быть не менее 5 суток, в ходе которых увеличиваются технологические и уменьшаются реологические характеристики. Уравнения полученной математической модели позволят просчитать значения функциональных показателей мяса в разные этапы автолиза.

Таблиця 2 – Змінення реологічних характеристик м'яса в процесі созрівання

τ, ч	σ _{ср} , кПа				Е, МПа				θ _н , Па				Рисункова величина к урівненню $\left[1 - \cos\left(\frac{\pi}{2}\right)\right]$			
	експ.	по ура-ю 3а	Δ, %	по ура-ю 4а	Δ, %	експ.	по ура-ю 3б	Δ, %	по ура-ю 4б	Δ, %	експ.	по ура-ю 3в		Δ, %	по ура-ю 4в	Δ, %
0	-	34,5	-	34,2	-	-	0,30	-	0,3	-	-	392	-	393	-	0
1	-	36,3	-	36,4	-	-	0,32	-	0,324	-	-	398	-	401	-	0,122
2	38,2	38,0	0,5	38,4	-0,5	0,34	0,339	0,3	0,346	-1,8	408	404	1,0	408	0,0	0,233
4	42,0	41,2	1,9	42,5	-1,2	0,385	0,376	2,3	0,392	-1,8	415	416	-0,2	422	-1,7	0,460
6	45,3	44,3	2,2	46,1	-1,8	0,423	0,411	2,8	0,432	-2,1	430	428	0,5	435	-1,2	0,661
14	56,5	54,9	2,8	57,5	-1,8	0,546	0,531	2,7	0,559	-2,4	465	466	-0,2	475	-2,1	1,296
22	64,0	62,6	2,2	64,8	-1,3	0,63	0,619	1,7	0,640	-1,6	490	494	-0,8	501	-2,2	1,699
31	69,2	68,0	1,7	69,0	0,3	0,69	0,680	1,4	0,687	0,4	515	514	0,2	516	-0,2	1,936
40	70,1	69,7	0,6	70,2	-0,1	0,70	0,700	0,0	0,70	0,0	520	520	0,0	520	0,0	2,0
48	69,3	68,3	1,4	69,3	0,0	0,69	0,684	0,9	0,69	0,0	515	515	0,0	517	-0,4	1,948
58	66,0	62,6	5,2	66,3	-0,5	0,66	0,619	6,2	0,657	0,5	510	494	2,7	506	0,8	1,786
69	62,0	51,2	17,4	61,7	0,5	0,60	0,490	26,7	0,606	-1,0	490	453	7,6	490	0,0	1,530
80	56	34,5	38,4	56,5	0,9	0,54	0,300	44,4	0,548	-1,5	470	392	16,6	472	-0,4	1,238
100	48	-9,5	-	47,6	0,8	0,44	-0,2	-	0,449	-2,0	440	232	47,3	440	0,0	0,746
120	40	-71,1	-	39,8	0,5	0,36	-0,9	-	0,362	-0,6	430	8	98,0	413	4,0	0,310

Литература

1. Заяс Ю.Ф. Качество мяса и мясопродуктов / 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. / И.А.Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин. – М.: КолосС, 2009. – 565 с.
3. Савинок О.Н. Кинетика созревания говядины при одностадийном охлаждении. / О.Н. Савинок, Н.Г. Азарова, В.Д. Косой, С.А. Рыжов. – Мясная индустрия, №5, 2011. – С. 58-62

УДК [621.798.1-03:577.11]:637.52-021.4

РОЗРОБКА ЗАХИСНОГО ХАРЧОВОГО ПЛІВКОУТВОРЮВАЛЬНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

Солецька А. Д., канд. техн. наук

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У роботі надано інформацію про стан питання щодо розробки захисного харчового плівкоутворювального покриття для м'ясопродуктів на основі хітозану з вираженими антимікробними властивостями та модифікованого крохмалю у якості полімеру, що має підвищену термолабільність. Розроблено технологію застосування плівкоутворювального покриття для м'ясних продуктів емульсійного типу.

The work contains the status of the issue of the development of protective food film-forming coating for meat products on the basis of chitosan with the expressed antimicrobial properties and modified starch as a polymer, has a high temperature stability. Developed technology of application of protective food film-forming coating for meat products emulsion type.

Ключові слова: плівкоутворювальне покриття, м'ясні продукти, хітозан, модифікований крохмаль, тривалість зберігання, безпека, якість.

Ефективним сучасним науково визнаним способом збагачення харчового раціону населення незамінними макро- і мікронутрієнтами є споживання функціональних продуктів харчування. Використання для їхнього виробництва технологічних прийомів і функціональних інгредієнтів дозволяють створювати продукти, які при регулярному споживанні в їжу мінімізують вірогідність виникнення різних захворювань.

Поряд із створенням нових харчових продуктів для здорового харчування актуальним є обґрунтування їхніх технологічних параметрів виробництва і зберігання, що забезпечують високу якість та безпеку готових виробів на протязі тривалого часу. Одним із наукових напрямів, які дозволяють розв'язати цю задачу є розробка захисних харчових покриттів. У нашій країні та за рубежом запропоновано харчові покриття складного вмісту з використанням різних харчових добавок. Зазвичай, вони зменшують втрати маси продуктів та наділені незначним мікро- й бактеріостатичним ефектом [1, 2].

В останні роки проводять ряд наукових досліджень із застосування в харчових галузях хітозану та його похідних. Тому науковий напрям використання хітозану при виробництві м'ясних продуктів емульсійного типу і захисних харчових плівкоутворювальних покриттів на його основі є досить актуальним.

Завданням досліджень стало:

— обґрунтування вибору, складу та особливостей використання антимікробних і водоутримувальних полісахаридних й поліпептидних добавок для приготування харчового захисного плівкоутворювального покриття;

— розробка захисного плівкоутворювального покриття для м'ясних виробів та дослідження його на вологопоглинання, міцнісні властивості та мікробіологічні показники;

— дослідження впливу розроблених захисних плівкоутворювальних покриттів на тривалість зберігання м'ясних виробів емульсійного типу залежно від способів нанесення, холодильної обробки та зберігання;

— обґрунтування технологічних параметрів зберігання м'ясних виробів емульсійного типу з захисним харчовим плівкоутворювальним покриттям.

Захисний склад харчового плівкоутворювального покриття для подовження терміну зберігання м'ясопродуктів містить взяті у певній пропорції хітозан, трьохосновну кислоту, полімер та воду. У якості полімеру використано для порівняння харчовий желатин, крохмаль та модифікований крохмаль (табл. 1).