

*С.А. Гордынец, к.с.-х.н., Л.А. Чернявская, к.т.н., доцент, В.М. Напреенко,  
М.М. Мистейко, к.в.н., доцент  
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

## **ВЛИЯНИЕ МЕДЛЕННОГО И ШОКОВОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ХРАНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ГОВЯДИНЫ ЖИЛОВАННОЙ**

*S. Gordynets, L. Charniauskaya, V. Napreenko, M. Misteyko  
Institute of Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

## **THE EFFECT OF SLOW AND SHOCK FREEZING AND LOW- TEMPERATURE STORAGE DURATION ON THE QUALITY OF BEEF**

*otmp210@yandex.by*

*В статье представлены результаты исследований влияния медленного и шокового замораживания и продолжительности низкотемпературного хранения на качество говядины жилованной с различным содержанием жировой и соединительной ткани. Проведен комплексный анализ технологических и структурно-механических свойств, пищевой ценности. Установлено, что шоковое замораживание является технологически обоснованным и эффективным способом обработки говядины жилованной, обеспечивающим комплексное сохранение ее качественных характеристик при длительном низкотемпературном хранении до 12 месяцев. Полученные данные позволяют рекомендовать применение шокового замораживания для максимального сохранения качества говядины жилованной при длительном низкотемпературном хранении.*

*This article presents the results of studies examining the quality of beef trimmed with varying elastic and connective tissue content using slow and shock freezing techniques and the durability of low-temperature storage. A comprehensive analysis of the technological and structural-mechanical properties of the food products is also conducted. It has been established that shock freezing is a technologically sound and effective method of processing trimmed beef, ensuring comprehensive preservation of its quality characteristics during long-term low-temperature storage for up to 12 months. The obtained data allow us to recommend the use of shock freezing for maximum preservation of the quality of trimmed beef during long-term low-temperature storage.*

**Ключевые слова:** говядина жилованная, медленное и шоковое замораживание, низкотемпературное хранение, технологические свойства, структурно-механические свойства, пищевая ценность.

**Key words:** trimmed beef, slow and shock freezing, low-temperature storage, technological properties, structural and mechanical properties, nutritional value.

**Введение.** Говядина – это ценный источник белков, жиров, витаминов и минеральных веществ, обладающих высокой пищевой и биологической ценностью [1, 2]. Однако, как скоропортящийся продукт питания, она при естественных условиях хранения быстро портится в результате развития гнилостной микрофлоры и отрицательного воздействия тканевых ферментов [3]. Для того, чтобы предупредить порчу говядины, необходимо сразу же после убоя животных предпринять меры по сохранению ее высокого качества. Наиболее перспективным способом, позволяющим максимально сохранить пищевую ценность при длительном хранении, является холодильная обработка [4]. Наиболее эффективной и распространенной технологией длительного хранения является замораживание.

Замораживание представляет собой сложный физико-химический и структурно-клеточный процесс, определяющий превращение свободной и части

связанной влаги в кристаллическую фазу [5]. Данный процесс приводит не столько к замораживанию сырья, сколько к преобразованию его жидкой фазы [6]. Криоконцентрирование растворенных веществ в незамерзшей части мясного сока становится движущей силой для необратимых изменений в структуре и свойствах белков, липидов и других составляющих мышечного волокна. Начало кристаллизации происходит в диапазоне от минус 0,6 до минус 1,2°C. В связи с этим, ключевые характеристики готового продукта – технологические и потребительские свойства – напрямую зависят от кинетики процесса замораживания и исходного состояния сырья [7].

Процесс льдообразования в мясном сырье происходит в температурном диапазоне от минус 1 до минус 8°C. Именно в данном диапазоне скорость замораживания становится решающим фактором, определяющим морфологию кристаллической структуры [6–7].

Замораживание и хранение говядины на предприятиях Республики Беларусь осуществляется в соответствии с ТТИ ВУ 100098867.533 «Типовая технологическая инструкция по холодильной обработке и хранению продуктов убоя на предприятиях мясо- и птицеперерабатывающей промышленности», в которой предусмотрены следующие способы замораживания: медленное – при температуре минус 23°C; шоковое – при температуре минус 30°C [8]. Замораживание мяса считается законченным, когда температура его достигнет минус 8°C в любой точке измерения.

При медленном замораживании низкая скорость теплоотдачи способствует формированию небольшого количества кристаллов, преимущественно в межклеточном пространстве. Это создает устойчивый осмотический градиент, вызывающий диффузию внутриклеточной воды сквозь сарколемму к растущим кристаллам. Последующий рост крупных кристаллов льда, объем которых на 9–10 % превышает объем исходной воды, оказывает деформирующее и разрывающее механическое воздействие на клеточные мембраны. Дегидратированные миофибриллы при этом подвергаются повышенному осмотическому стрессу из-за возросшей концентрации ионов в незамерзшей фазе [7].

Напротив, шоковое замораживание, характеризующееся высокими скоростями теплоотдачи, вызывает одновременную и множественную нуклеацию по всему объему ткани – как в межклеточном пространстве, так и внутри мышечных волокон. В таких условиях диффузия влаги не успевает произойти, что приводит к образованию множества мелких кристаллов, равномерно распределенных в межклеточном пространстве. Такая кристаллическая структура минимизирует как механические повреждения структуры, так и степень осмотического разрушения белковых структур, что в итоге обеспечивает более высокую обратимость процесса после размораживания [7].

Ключевыми показателями, определяющими качество и технологическую направленность говядины, являются ее функционально-технологические (влагоудерживающая и влагосвязывающая способность, рН) и структурно-механические свойства (прочность, адгезия). Эти показатели напрямую зависят не только от способа замораживания, но и от морфологического состава сырья – содержания жировой и соединительной тканей, определяющих сорт, а также от продолжительности низкотемпературного хранения [8]. Комплексная оценка влияния этих трех факторов на качественные характеристики замороженной говядины позволит осуществить научно обоснованный выбор сырья для изготовления конкретных видов мясной продукции.

Таким образом, **целью исследований явилось** изучение влияния способа замораживания (медленного (М) и шокового (Ш)) и продолжительности низкотемпературного хранения на изменение технологических, структурно-

механических свойств и пищевой ценности говядины жилованной с различным содержанием жировой и соединительной ткани.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований выступала говядина жилованная с различным содержанием жировой и соединительной ткани, полученная из туш КРС 1 категории в возрасте 2-3-х лет – производитель филиал «Борисовский мясокомбинат» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» ОАО «Минскоблхлебопродукт».

Предмет исследований – функционально-технологические показатели (рН, ВСС, ВУС); структурно-механические показатели (предельное напряжение сдвига, адгезионное напряжение); пищевая ценность (содержание белка, содержание жира, содержание общего фосфора, содержание минеральных веществ).

При выполнении НИР применялись стандартизированные физико-химические, реологические, спектроскопические и аналитические методы лабораторного анализа.

**Результаты и их обсуждение.** В ходе НИР были исследованы функционально-технологические (рН, ВСС, ВУС) и структурно-механические (ПНС, адгезионное напряжение) свойства говядины жилованной, которые систематизированы в таблице 1. Данные приводятся в разрезе двух исследуемых факторов: содержания жировой и соединительной ткани в сырье и продолжительность его низкотемпературного хранения.

Таблица 1 – Функционально-технологические и структурно-механические свойства говядины жилованной с различным содержанием жировой и соединительной ткани

Образцы говядины, продолжительность низкотемпературного хранения		Свойства									
		рН, ед.		ВСС, %		ВУС, %		ПНС, Па		адгезионное напряжение, Па	
		М	Ш	М	Ш	М	Ш	М	Ш	М	Ш
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
в/с	охлажд.	5,43		87,86		45,35		18,8		2,9	
	контроль	5,38	5,13	80,94	87,35	40,90	41,06	11,1	11,8	3,7	5,0
	1 мес.	5,27	5,33	87,64	85,17	40,90	39,91	12,0	5,9	3,6	3,2
	3 мес.	5,82	5,36	81,97	89,23	60,38	58,71	26,8	12,6	3,2	6,1
	6 мес.	5,87	5,52	70,72	79,58	44,77	47,78	77,2	40,7	3,2	3,4
	9 мес.	5,89	5,55	80,73	82,60	52,53	50,48	10,2	27,7	1,9	2,8
	12 мес.	5,93	5,79	81,67	83,66	43,67	45,61	11,7	15,8	3,0	3,7
1 с.	охлажд.	5,63		87,89		50,06		11,0		1,2	
	контроль	5,41	5,13	76,41	87,43	39,24	45,52	7,5	9,9	2,9	2,8
	1 мес.	5,30	5,37	85,98	79,27	35,52	40,27	4,1	2,2	1,8	1,0
	3 мес.	5,38	5,38	72,45	88,39	62,23	61,12	7,7	3,8	1,8	1,4
	6 мес.	5,58	6,10	70,25	81,83	49,74	43,18	60,5	44,4	1,8	1,8
	9 мес.	5,63	6,12	77,31	82,73	53,07	44,01	16,5	15,1	1,5	3,8
	12 мес.	5,75	6,29	79,77	83,79	43,47	47,45	15,5	15,8	4,3	5,0

Продолжение таблицы 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2 с.	охлажд.	5,49		77,27		52,49		27,6		2,2	
	контроль	5,32	5,12	77,73	79,89	40,87	46,81	6,5	11,7	1,0	2,6
	1 мес.	5,43	5,73	81,09	83,20	37,15	39,08	11,6	7,0	1,2	1,2
	3 мес.	5,22	5,50	71,80	94,97	49,66	47,27	5,5	12,8	1,2	2,8
	6 мес.	5,84	5,68	70,77	72,55	42,88	40,38	42,7	18,2	2,9	5,0
	9 мес.	5,95	5,77	84,74	77,94	51,33	43,94	30,8	15,0	1,9	1,6
	12 мес.	6,06	5,99	85,85	84,07	36,18	46,12	15,8	13,1	3,1	1,4
одн	охлажд.	5,70		86,30		48,78		10,8		1,6	
	контроль	5,94	6,18	85,67	85,90	35,65	45,59	4,2	6,8	0,9	2,2
	1 мес.	5,99	6,23	81,67	77,92	36,06	44,29	8,4	6,7	1,1	1,2
	3 мес.	6,28	6,34	71,68	89,99	51,64	62,59	10,6	13,3	1,1	2,8
	6 мес.	6,33	6,45	70,25	73,42	43,84	44,55	7,5	2,6	1,1	1,7
	9 мес.	6,35	6,46	77,12	81,10	45,24	51,56	34,6	12,5	1,4	1,7
	12 мес.	6,49	6,52	78,18	89,44	42,20	43,59	4,0	4,9	2,1	1,2

Источник данных: собственная разработка

Исследования *влагосвязывающей способности* показали, что значение ее зависит от сортности мяса. Наиболее высокие показатели отмечены в говядине охлажденной высшего сорта (87,86 %) и 1 сорта (87,89 %). Установлено, что для данных сортов мяса любой способ замораживания снижает влагосвязывающую способность мяса через 12 месяцев хранения. Наиболее выраженное падение характерно для медленного способа замораживания (на 7,0–9,4 %), что подтверждает факт разрушения волокон крупными кристаллами льда, потери белков с мясным соком при размораживании и денатурации в процессе хранения. Шоковое замораживание позволяет минимизировать потери функционально-технологических свойств, влагосвязывающая способность уменьшается на 4,7–5,0 %. Говядина 2 сорта имеет изначально самое низкое значение влагосвязывающей способности (77,27 %), что связано, возможно, с высоким содержанием соединительной ткани. Увеличение влагосвязывающей способности через 12 месяцев, вероятно, вызвано глубокими структурными разрушениями, приводящими к высвобождению фрагментов белков и увеличению площади контакта с водой. Высокое значение влагосвязывающей способности в говядине односортной после шокового замораживания и хранения в течении 12 месяцев связано с биохимическими особенностями сырья и высоким исходным уровнем рН.

Исследования *кисотно-щелочного баланса (рН)* позволили установить, что говядина высшего сорта, 1 сорта, 2 сорта после трех месяцев хранения является NOR-мясом, которое рекомендовано использовать для производства всех видов мясных продуктов, а говядина односортная (рН более 6,2 ед.) является DFD-мясом, которое рекомендовано использовать для эмульгированных колбасных изделий (изделий колбасных вареных) и мясных продуктов соленых с коротким сроком хранения.

*Влагоудерживающая способность* говядины при длительном хранении снижается, при этом увеличиваются потери после термической обработки и в результате мясо становится менее сочным.

*Предельное напряжение сдвига* говядины замороженной с последующим 12-месячным низкотемпературным хранением уменьшается, что свидетельствует о размягчении структуры мяса. Установленное повышение *адгезионного напряжения* в говядине 1 сорта и 2 сорта (при медленном замораживании) указывает на усиление связующей способности белков, что оптимально для производства изделий колбасных, прошедших термическую обработку. Снижение адгезионных свойств в говядине высшего сорта и 2 сорта (при шоковом замораживании) свидетельствует о сохранении пластичности белковой матрицы, что является преимуществом для использования его при производстве сырокопченых и сыровяленых продуктов.

Помимо технологических и структурно-механических свойств, важным для обоснования направления использования говядины замороженной является сохранение ее пищевой ценности в течение длительного низкотемпературного хранения. Определение содержания белков, жиров и минеральных веществ позволяет оценить не только пищевую ценность, но и функциональные свойства сырья, которые напрямую взаимодействуют с его технологическим назначением. Пищевая ценность говядины жилованной с различным содержанием жировой и соединительной ткани представлена в таблице 2 и таблице 3.

Таблица 2 – Пищевая ценность говядины жилованной с различным содержанием жировой и соединительной ткани

Образцы говядины, продолжительность низкотемпературного хранения		Массовая доля белка, %		Массовая доля жира, %		Содержание магния, мг/кг	
		М	Ш	М	Ш	М	Ш
1	2	3	4	5	6	7	8
в/с	контроль	24,02	23,24	3,1	2,7	173,44	172,51
	1 мес.	23,54	23,45	3,0	2,5	244,37	238,73
	3 мес.	23,00	23,70	2,2	1,5	280,45	296,26
	6 мес.	22,50	24,10	2,6	2,4	266,04	259,27
	9 мес.	23,50	22,51	2,5	5,5	237,11	226,39
	12 мес.	20,02	22,57	2,8	1,8	259,29	277,13
1 с.	контроль	21,65	21,78	4,7	4,7	170,44	166,04
	1 мес.	21,96	22,47	2,8	7,9	246,14	224,22
	3 мес.	21,90	23,10	4,6	6,6	282,18	285,80
	6 мес.	21,40	23,60	5,1	6,2	250,13	244,77
	9 мес.	23,50	22,14	3,6	8,3	224,78	205,33
	12 мес.	19,86	19,34	2,0	1,5	254,14	244,91
2 с.	контроль	20,97	20,56	11,4	12,1	166,25	167,08
	1 мес.	20,17	21,13	15,3	9,1	201,71	243,29
	3 мес.	21,20	21,80	4,6	6,6	254,33	255,96
	6 мес.	20,95	22,10	5,1	6,2	211,45	230,19
	9 мес.	20,70	22,48	3,6	8,3	224,72	218,41
	12 мес.	21,73	20,02	2,0	1,5	237,97	231,64
одн.	контроль	20,74	20,21	5,8	5,3	163,68	170,57
	1 мес.	21,38	20,92	4,0	3,0	221,99	203,32
	3 мес.	20,80	21,10	17,7	6,5	187,55	244,58
	6 мес.	20,50	21,50	11,3	10,9	211,15	270,19
	9 мес.	22,20	23,77	0,5	6,2	242,44	221,63
	12 мес.	21,47	22,83	3,6	0,8	220,22	189,10

Продолжение таблицы 2

Образцы говядины, продолжительность низкотемпературного хранения	Содержание калия, мг/кг		Содержание натрия, мг/кг		Содержание железа, мг/кг		Массовая доля общего фосфора, %		
	М	Ш	М	Ш	М	Ш	М	Ш	
в/с	контроль	4829,53	4835,45	1260,87	1258,20	108,48	109,48	0,232	0,224
	1 мес.	3481,67	3750,82	896,55	458,15	23,31	24,35	0,217	0,208
	3 мес.	3371,58	3374,67	431,64	427,90	17,23	16,46	0,276	0,232
	6 мес.	4098,60	4491,10	410,51	426,00	25,03	29,86	0,218	0,214
	9 мес.	2557,90	2233,10	579,61	582,42	28,97	13,15	0,242	0,241
	12 мес.	2282,60	2328,85	469,97	584,15	26,30	27,60	0,235	0,237
1 с.	контроль	4434,90	4464,59	1683,63	1464,70	101,20	103,56	0,246	0,239
	1 мес.	4573,19	3635,90	707,21	581,86	22,24	25,95	0,230	0,224
	3 мес.	3082,76	3247,16	518,54	522,51	13,51	17,68	0,279	0,222
	6 мес.	4794,45	4295,55	398,52	536,76	38,85	33,47	0,223	0,223
	9 мес.	2174,80	2050,65	668,18	723,58	15,87	16,61	0,237	0,229
	12 мес.	2181,35	2155,30	645,00	637,37	31,20	34,90	0,239	0,238
2 с.	контроль	4470,27	3876,23	1499,40	2060,83	103,77	131,33	0,253	0,225
	1 мес.	3221,18	3055,56	623,93	606,02	17,89	15,21	0,207	0,228
	3 мес.	2925,27	3028,05	730,95	536,13	17,14	14,57	0,242	0,237
	6 мес.	3040,85	3289,85	633,10	621,61	26,46	27,60	0,236	0,219
	9 мес.	2287,45	2277,25	696,82	702,35	117,19	18,46	0,244	0,233
	12 мес.	2168,10	2180,60	695,97	737,94	24,20	31,50	0,241	0,240
одн.	контроль	3905,82	5004,98	1458,46	1412,71	119,86	70,41	0,231	0,243
	1 мес.	3743,48	3688,02	603,83	672,63	25,38	29,77	0,215	0,232
	3 мес.	2124,63	2961,74	742,27	581,23	22,39	24,99	0,284	0,274
	6 мес.	2682,10	5249,85	786,60	631,68	43,23	52,48	0,221	0,246
	9 мес.	2550,65	2129,40	495,60	630,65	109,41	21,33	0,236	0,237
	12 мес.	2248,55	2003,35	533,97	929,64	26,40	35,10	0,237	0,236

Источник данных: собственная разработка

Проведенный комплексный анализ динамики ключевых нутриентов – белков, липидов и минерального состава в процессе длительного низкотемпературного хранения говядины жилованной доказывает, что выбор способа замораживания и продолжительность хранения являются факторами, определяющими пищевую ценность сырья и, как следствие, качество и себестоимость готовой продукции.

Сохранение белка, определяющего пищевую ценность мясного сырья, зависит от способа замораживания. Проведенные исследования подтверждают технологическое предпочтение шокового замораживания, позиционируя его в качестве оптимального способа замораживания, так как в первые шесть месяцев хранения оно обеспечивает отсутствие потерь белка. В то время как при медленном замораживании, наоборот, данный показатель снижается, особенно в говядине высшего сорта. Это влияет на пищевую ценность сырья, что имеет важное значение для продуктов диетического профилактического назначения, в том числе для питания детей.

Аналогичное преимущество шокового способа замораживания наблюдается и по содержанию липидов. Если на начальном этапе он обеспечивает стабильность, то при длительном хранении его главная роль – замедление процессов порчи. Данные свидетельствуют о последовательном гидролизе жиров к 12-му месяцу хранения, однако интенсивность этих процессов при шоковом замораживании ниже. Исследования жирнокислотного состава показали, что мононенасыщенные жирные кислоты сохраняют устойчивый состав в то время, как полиненасыщенные жирные кислоты характеризуются нестабильностью. Их кратковременное увеличение с последующим резким спадом к 9-му месяцу служит четким биохимическим маркером окислительных изменений, которые шоковый способ замораживания также эффективно сдерживает. Таким образом, шоковое замораживание позволяет не только сохранить пищевую ценность, но и защитить липиды от прогоркания, напрямую влияющего на органолептические свойства и показатели безопасности.

Наибольшие изменения происходят в минеральном составе мышечной ткани. Динамика содержания макроэлементов – калия и натрия – характеризуется выраженной цикличностью, с чередованием фаз их интенсивного вымывания и последующего концентрирования в мышечной ткани, что свидетельствует о сложных процессах ионного обмена, разрушении клеточных мембран и перераспределении влаги. Эти изменения согласуются с изменениями влагоудерживающей способности и потерями мясного сока.

В процессе низкотемпературного хранения, особенно в первый месяц, значительно снижается содержание железа, что связано с нестабильностью цвета и свидетельствует об окислении железосодержащих белков, в первую очередь миоглобина.

Содержание магния в процессе хранения увеличивается в следствии концентрирования сухих веществ при потере мясного сока.

Массовая доля общего фосфора в говядине наиболее выражено изменяется в первые 6 месяцев хранения. Шоковое замораживание обеспечивает более стабильные значения показателя на всех этапах хранения. К 12 месяцам низкотемпературного хранения содержание фосфора стабилизируется, достигая биохимического равновесия, что подтверждает преимущество шокового способа для сохранения фосфорсодержащих компонентов при длительном хранении.

Таким образом, анализ данных показал, что важным технологическим периодом является срок хранения 6 месяцев. Для шокового замораживания указанный срок обеспечивает максимальную сохранность как функциональных свойств, так и пищевой ценности, что очень важно для дорогостоящих продуктов (стейков, ветчины премиум-класса, продуктов детского питания). После этого периода происходит окисление липидов, перераспределение минеральных веществ и, для некоторых сортов, риск развития DFD-состояния. При этом сырье переходит в категорию, оптимальную для переработки в эмульгированные и измельченные продукты (изделия колбасные вареные и паштеты), где приведенные выше изменения могут быть оптимизированы рецептурой.

Сырье шокового способа замораживания, особенно высшего и первого сортов со сроком хранения до 6 месяцев целесообразно использовать для производства продукции с высокой добавленной стоимостью. Сырье медленного способа замораживания и/или с длительными сроками низкотемпературного хранения направляется в экономичные линейки, что сопровождается корректировкой рецептур (введение антиоксидантов, стабилизаторов цвета, обогащение минеральными комплексами) и строгим нормированием технологических потерь.

С целью рационального использования сырья и обеспечения стабильного качества готовой продукции, на основе полученных данных о динамике изменения свойств говядины при длительном низкотемпературном хранении были разработаны практические рекомендации. Они устанавливают рациональные направления использования говядины в зависимости от способов замораживания, сорта и продолжительности низкотемпературного хранения. Данная систематизация представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Направления рационального использования говядины жилованной в зависимости от сорта, способа замораживания и продолжительности низкотемпературного хранения

Образцы говядины, продолжительность низкотемпературного хранения		Направления использования
1		2
в/с	контроль	Говядина (М) и (Ш): полуфабрикаты мясные натуральные кусковые, цельномышечные копчено-вареные продукты, изделия сырокопченые и сыровяленые.
	1 мес.	
	3 мес.	Говядина (М): изделия колбасные полукопченые, изделия колбасные вареные (сосиски и сардельки). Говядина (Ш): ветчинные изделия, полуфабрикаты мясные рубленые, изделия колбасные сырокопченые и сыровяленые.
	6 мес.	Говядина (М) – изделия колбасные вареные с использованием фосфатов, реструктурированные продукты, ливерные колбасы и паштеты. Говядина (Ш): изделия колбасные полукопченые, изделия колбасные вареные, полуфабрикаты мясные рубленые.
	9 мес.	Говядина (М) – использование в продуктах, не требующих сохранения плотной консистенции: фарши для пельменей, хинкали с добавлением сочного шпика, паштеты. Говядина (Ш) – изделия колбасные варено-копченые и вареные, мясные консервы, полуфабрикаты в тесте (чебуреки, беляши).
	12 мес.	
1 с.	контроль	Говядина (М): полуфабрикаты мясные рубленые, фарш для пельменей и блинчиков, варено-копченые колбасы 1 сорта и бессортные. Говядина (Ш): полуфабрикаты мясные рубленые, ветчинные изделия, изделия колбасные полукопченые, изделия сырокопченые и сыровяленые.
	1 мес.	
	3 мес.	Говядина (М): изделия колбасные вареные. Говядина (Ш): изделия колбасные полукопченые, изделия колбасные варено-копченые, изделия колбасные вареные (сосиски и сардельки высшего сорта), полуфабрикаты мясные натуральные мелкокусковые для тушения (азу, бефстроганов).
	6 мес.	Говядина (М): изделия колбасные вареные, ливерные изделия колбасные, паштеты. Говядина (Ш): изделия колбасные вареные.
	9 мес.	Говядина (М): изделия колбасные варено-копченые и вареные, мясные консервы, полуфабрикаты в тесте (чебуреки беляши). Говядина (Ш): изделия колбасные вареные.
	12 мес.	
2 с.	контроль	Говядина (М): полуфабрикаты мясные рубленые. Говядина (Ш): изделия колбасные вареные.
	1 мес.	Говядина (М): изделия колбасные вареные, ливерные изделия колбасные, кулинарные полуфабрикаты (фарш для начинки блинчиков). Говядина (Ш): ливерные изделия колбасные, кулинарные полуфабрикаты (фарш для начинки блинчиков).
	3 мес.	Говядина (М): изделия колбасные вареные, студни, заливные изделия, фарш для пельменей. Говядина (Ш): изделия колбасные вареные, реструктурированные продукты.

## Продолжение таблицы 3

1		2
2 с.	6 мес.	Говядина (М): паштеты, ливерные изделия колбасные. Говядина (Ш): полуфабрикаты мясные рубленые, консервы мясные рубленые.
	9 мес.	Говядина (М): студни, заливные изделия.
	12 мес.	Говядина (Ш): изделия колбасные варено-копченые и вареные.
одн.	контроль	Говядина (М): изделия колбасные вареные, мясные бульоны. Говядина (Ш): изделия колбасные вареные, полуфабрикаты мясные рубленые.
	1 мес.	Говядина (М) и (Ш): изделия колбасные вареные, фарши.
	3 мес.	Говядина (М) и (Ш): изделия колбасные варено-копченые и вареные.
	6 мес.	Говядина (М): студни, зельцы, ливерные колбасные изделия. Говядина (Ш): кулинарные полуфабрикаты (фарш для начинки блинчиков), кулинарные пироги.
	9 мес.	Говядина (М): паштеты, студни.
	12 мес.	Говядина (Ш): изделия колбасные вареные, консервы мясорастительные.

Источник данных: собственная разработка

В результате проведенных исследований установлены рациональные направления использования говядины замороженной в зависимости от сорта говядины, способа замораживания и продолжительности низкотемпературного хранения.

Полученные данные свидетельствуют о том, что шоковое замораживание (Ш) в целом способствует сохранению более широкого спектра функциональных свойств сырья, позволяя использовать его для продукции, требующей сохранения структурной целостности (полуфабрикаты, цельномышечные и изделия колбасные полукопченые) даже после длительных сроков хранения. Медленное замораживание (М) закономерно сужает технологические возможности мяса по мере увеличения срока хранения, последовательно ограничивая его применение областями, где необходима интенсивная механическая и термическая обработка или не требуется сохранение плотной консистенции (фарши, паштеты, ливерные изделия и изделия колбасные вареные). Установленные рациональные направления использования говядины являются практическим инструментом для технологически обоснованного использования сырья в мясной промышленности.

**Выводы.** На основе комплексного анализа функционально-технологических, структурно-механических свойств и пищевой ценности установлено, что оптимальное технологическое назначение говядины замороженной зависит от способа замораживания и продолжительности хранения. Шоковое замораживание является технологически предпочтительным, так как обеспечивает отсутствие потерь белка и минимальные потери липидов в первые 6 месяцев, замедляет окислительную порчу и лучше сохраняет структурную целостность белковой матрицы, при этом 12 месяцев низкотемпературного хранения обеспечивает комплексное сохранение ее качественных характеристик. Сырье, замороженное данным способом, пригодно для производства премиальной продукции (полуфабрикатов мясных кусковых натуральных, цельномышечных продуктов, сыровяленых и сырокопченых изделий).

Медленное замораживание говядины вызывает значительные структурные изменения в мышечной ткани, что проявляется в усилении адгезионных свойств миофибриллярных белков при одновременном снижении их влагоудерживающей способности и потере сочности. Данные физико-химические изменения ограничивают возможность применения такого сырья в производстве цельномышечных продуктов без дополнительной технологической обработки. В то же время, указанные изменения

делают его технологически целесообразным для использования в потоках, связанных с измельчением, термической обработкой и производством реструктурированных продуктов, полуфабрикатов мясных рубленых, изделий колбасных вареных и паштетов. На основании результатов исследований определены рациональные направления использования замороженной говядины, которые позволяют дифференцировать сырье по технологическому назначению в зависимости от способа замораживания и срока хранения, обеспечивая тем самым выпуск широкого ассортимента мясной продукции с гарантированно стабильными функциональными и органолептическими свойствами.

### Список использованных источников

1. Теория и практика переработки мяса / А. Б. Лисицын, Н. Н. Липатов, Л. С. Кудряшов [и др.] ; под общ. ред. А. Б. Лисицына. – М. : ВНИИМП, 2004. – 378 с.
1. Teoriya i praktika pererabotki myasa [Theory and practice of meat processing] / A. B. Lisitsyn, N. N. Lipatov, L. S. Kudryashov [i dr.] ; pod obsh. red. A. B. Lisicyna. – M. : VNIIMP, 2004. – 378 s.
2. Зеленков, П. И. Технология производства, хранения и переработки говядины / П. И. Зеленков, А. В. Плахов, А. П. Зеленков. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. – 352 с.
2. Zelenkov, P. I. Tekhnologiya proizvodstva, khraneniya i pererabotki govядины [Technology of production, storage and processing of beef] / P. I. Zelenkov, A. V. Plahov, A. P. Zelenkov. – Rostov-na-Donu : Feniks, 2002. – 352 s.
3. Куцакова, В. Е. Холодильная технология пищевых продуктов. Часть 3. Биохимические и физико-химические способы : учеб. пособие : в 3 ч. / В. Е. Куцакова ; под общ. ред. В. Е. Куцаковой. – СПб. : ГИОРД, 2011. – Ч. 3. – 272 с.
3. Kutsakova, V. Ye. Kholodil'naya tekhnologiya pishchevykh produktov. Chast' 3. Biokhimicheskiye i fiziko-khimicheskiye sposoby [Refrigeration technology of food products. Part 3. Biochemical and physicochemical methods] : ucheb. posobie : v 3 ch. / V. E. Kucakova ; pod obsh. red. V. E. Kucakovoj. – SPb. : GIORD, 2011. – Ch. 3. – 272 s.
4. Быков, А. В. Современные методы холодильной обработки мяса и их влияние на качество / А. В. Быков // Мясная индустрия. – 2019. – № 5. – С. 32–36.
4. Bykov, A. V. Sovremennyye metody kholodil'noy obrabotki myasa i ikh vliyaniye na kachestvo [Modern methods of refrigeration processing of meat and their impact on quality] / A. V. Bykov // Myasnaya industriya. – 2019. – № 5. – S. 32–36.
5. Кудряшов, Л. С. Технология замороженных пищевых продуктов : учеб. пособие / Л. С. Кудряшов. – СПб.: ГИОРД, 2017. – 480 с.
5. Kudryashov, L. S. Tekhnologiya zamorozhennykh pishchevykh produktov [Technology of frozen food products] : ucheb. posobie / L. S. Kudryashov. – SPb.: GIORD, 2017. – 480 s.
6. Берзиньш, Д. В. Влияние скорости замораживания на кристаллообразование и ультраструктуру мышечной ткани мяса / Д. В. Берзиньш, С. И. Трофимов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2020. – № 4. – С. 45–52.
6. Berzin'sh, D. V. Vliyaniye skorosti zamorazhivaniya na kristalloobrazovaniye i ul'trastrukturu myshechnoy tkani myasa [Effect of freezing rate on crystal formation and ultrastructure of meat muscle tissue] / D. V. Berzin'sh, S. I. Trofimov // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya. – 2020. – № 4. – S. 45–52.

7. Хайкин, С. И. Микробиологические аспекты замораживания пищевых продуктов животного происхождения / С. И. Хайкин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2019. – № 7. – С. 18–25.

8. Типовая технологическая инструкция по холодильной обработке и хранению продуктов убоа на предприятиях мясо– и птицеперерабатывающей промышленности : ТТИ ВУ 100098867.533-2020. – Введ. 20.04.2020. – Мн. : РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2020. – 94 с.

7. Khaykin, S. I. Mikrobiologicheskiye aspekty zamorazhivaniya pishchevykh produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya [Microbiological aspects of freezing food products of animal origin] / S. I. Khaykin // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya. – 2019. – № 7. – S. 18–25.

8. Tipovaya tekhnologicheskaya instrukciya po holodil'noj obrabotke i hraneniyu produktov uboaya na predpriyatiyah myaso– i pticepererabatyvayushchej promyshlennosti [Standard technological instruction for refrigeration treatment and storage of slaughter products at meat and poultry processing enterprises] : ТТИ ВУ 100098867.533-2020. – Введ. 20.04.2020. – Мн. : РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2020. – 94 с.