

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОСТИ  
В НЕПРЕРЫВНОМ ПОТОКЕ

Либерман С.Г., Сеницын К.Д., Файвишевский М.Л.

В настоящее время в СССР и за рубежом обезжиривание кости производится путем экстрагирования жира водой или органическими растворителями при атмосферном или избыточном давлении или посредством импульсов. В подавляющем большинстве указанные способы периодичны, длительны, требуют применения громоздкого оборудования, значительных теплоэнергетических расходов и больших затрат труда. Кроме того, при таких способах извлечения жира существенным изменениям подвергается белок кости, состоящий в основном из коллагена. Высокая температура (выше  $100^{\circ}\text{C}$ ) в процессе обработки (при автоклавном методе) вызывает с одной стороны более быстрое превращение коллагена и переход его в раствор с образованием глютена, а с другой – вторичные процессы разрушения, приводящие к распаду глютена с образованием соединений с меньшим молекулярным весом (пептидов и аминокислот). Полученная при этом обезжиренная кость становится непригодной для производства желатина или клея, а выработанная из нее мука, за счет низкого содержания белка, используется как источник минеральных солей.

Наряду с этим нагрев кости при высоких температурах в сочетании с большой продолжительностью способствует процессу гидролиза триглицеридов и тем самым ухудшает химические показатели жира, который, как правило, имеет поджаристый и бульонный запах, темноватый цвет, вследствие чего его относят к несортному пищевому или даже техническому.

Импульсный метод обезжиривания хотя и обеспечивает сохранность коллагена кости, но сильное измельчение (содержание частиц

до 10 мм составляет 75%) затрудняет использование ее для производства желатина и клея ввиду ее слеживания в стационарных аппаратах. Кроме того, применение при этом методе большого количества воды (5-6-кратное количество к весу кости) приводит к снижению выхода товарного жира за счет больших потерь его в виде эмульсий с отходящей водой и отстоями жировой массы.

Анализ существующих методов переработки кости указывает на необходимость разработки технологии, позволяющей исключить указанные недостатки.

Технология ВНИИМПа, разработана с применением сухого метода и с учетом физико-химических свойств и особенностей гистологического строения костного сырья.

Во время нагревания при умеренных температурах белки мышечной, соединительной, хрящевой тканей кости способны денатурировать, изменять свои прочностные характеристики и выделять влагу.

При этом часть влаги испаряется, часть - выделяется в виде жидкости.

В процессе нагрева кусочка кости его температура по толщине не одинакова. Разность парциальных давлений водяного пара в различных слоях кусочка кости является силой, способствующей вытеснению жира из жировых клеток и замещению его паром.

Тепловая обработка предварительно измельченной кости создает условия для эвакуации жира из разрушенных клеток под действием силы, равной разности парциальных давлений водяного пара.

При этом существенным фактором, определяющим полноту извлечения жира из кости, является степень ее измельчения. Перемешивание измельченной кости с одновременным перемещением ее тонким слоем между поверхностями нагрева обеспечивает быстрый подвод тепла,

необходимого для денатурации белков, и испарения выделившейся при этом влаги.

Повышение температуры приводит к изменению агрегатного состояния жира костной ткани. Из твердого состояния он переходит в жидкое. При этом резко уменьшаются его вязкость и поверхностное натяжение. В результате жир приобретает текучесть; происходит слияние отдельных капелек и образование в клетке гомогенной фазы в виде капли жира; значительно изменяется удельный вес жира и увеличивается объем.

Нагрев даже до умеренных температур оказывает денатурирующее влияние на белки костных тканей, разрушая их. Разрыв оболочек жировых клеток, изменение физических характеристик жира создает благоприятные условия для его эвакуации из пор костной ткани и тем самым обеспечивает условия для обезжиривания. При принятом нами сухом способе обезжиривания быстро обезвоживается тонкий наружный слой кости, вследствие испарения влаги с поверхности и задержки поступления ее из нижележащих слоев. По мере же повышения температуры влага удаляется с более глубоких слоев. При этом большая часть влаги превращается в пар. Вследствие этого ограничивается возможность гидролиза белковой части костной ткани, и в глютин переходит ничтожно малая часть коллагена, не снижающая ценности кости как источника коллагена.

Сухой способ обезжиривания обеспечивает практически полную сохранность водорастворимых белков и витаминов группы В, а также исключает потери жира вследствие его эмульгирования в воде.

На основании изложенного выше нами были поставлены эксперименты по обезжириванию различных видов кости, которая сначала измельчалась на силовом измельчителе, а затем поступала в шнеко-

ый аппарат. Степень измельчения кости показана в таблице I.

Т а б л и ц а I

Диаметр отверстий сита, мм	Остаток частиц на сите, %
30	39,1
25	18,9
20	13,2
15	11,2
10	10,4
5 и менее	7,2

Шнековый аппарат имеет корпус с обогреваемой паром рубашкой и полый шнек, в которые подавался пар давлением 3-3,6 кг/см<sup>2</sup>. Обезжиривание кости проводилось при непрерывном движении ее, постоянном перемешивании, тонком слое (до 50 мм) и кратковременном (12 мин.) пребывании в зоне нагрева при умеренной температуре (70-80°C).

Наличие перфорированных зон (в аппарате) обеспечивает непрерывный отвод жира из него по мере выделения из кости. Это исключает длительное воздействие на жир температуры и, следовательно, ухудшение его качественных показателей.

Результаты опытов приведены в табл.2.

Т а б л и ц а 2.

Показатели	Ед.изм.	В и д к о с т и						
		тазо-ребра вая	4	эпифи- зы	5	смесь паспорт. рядов	6	7
I	2	3	4	5	6	7	8	
Количество исходной кости	кг	108	95,5	119	109,8	188	140	
Состав исходной кости	%							
влага		42,8	36,6	41,0	34,5	44,8	35,9	
ж и р	в пере-	36,0	18,8	36,7	21,4	33,8	33,0	
зола	счете на	40,0	44,3	32,7	45,5	28,5	32,0	
белок	сухую кость	24,0	36,9	30,6	33,1	37,7	35,0	

I	2	3	4	5	6	7	8
Выход товарного жира	%	8,4	2,7	8,8	3,9	7,7	9,9
Температура жира	°C	74	74	78	64	70	72-74
Выход кости после обезжиривания	% к сырью	64,5	79,8	66,5	82,3	64,9	66
Температура кости	°C	73	74	67	64	74	71
Состав кости после обезжиривания	%						
влага		25,9	24,0	26,0	23,0	26,4	31,7
жир		21,8	13,9	24,5	15,9	22,9	24,9
зола		39,4	45,9	40,4	45,7	33,8	35,5
белок		38,8	40,2	35,1	38,4	43,3	39,6
Степень извлечения жира	%	44,3	24,1	41,6	28,0	41,2	46,7

Приведенные данные показывают, что обезжиривание кости в тонком слое и непрерывном потоке при сравнительно невысоких температурах указанным методом за короткий промежуток времени обеспечивает степень извлечения жира в пределах, получаемых при вытопке жира из кости в кипящей воде в течение 5-6 часов; возможность получения высококачественного пищевого жира и предотвращения глубоких изменений белков кости. Выходящий из аппарата жир содержит небольшое количество воды (1,5-3,1%) и сухих веществ (0,02). Химический анализ жира, полученного таким методом показывает, что он отвечает требованиям высшего или I-го сортов (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Наименование кости	№ опыта	Кислотное число	Перекисное число
Эпифизы говяжьей	1	1,1	0,000
"	2	1,0	0,027
Трубчатая свиная	3	1,7	0,042
Смесь рядовой	4	1,5	0,020

Вместе с тем следует отметить, что остаточное содержание жира в обезжиренной кости (см. табл. 2) находится еще на сравнительно высоком уровне (13,9-24,9% в пересчете на сухую кость). Это указывает на то, что разность парциальных давлений является недостаточной для преодоления капиллярных сил, удерживающих жир в порах губчатого вещества костной ткани и поэтому такая кость нуждается в дополнительном обезжиривании.

Наличие в кости после первоначального обезжиривания влаги и расплавленного жира позволяет рассматривать ее как двухкомпонентную систему, состоящую из твердой фазы (костная белковая ткань) и жидкой фазы (расплавленный жир и вода). Поэтому для обезжиривания кости достаточно удалить из этой неоднородной системы один жидкий компонент путем применения центробежной силы.

Для проведения экспериментов была использована центрифуга фильтрующего типа. Кость после обезжиривания в шнековом аппарате загружали в центрифугу и обрабатывали в ней. Для поддержания температуры кости в процессе центрифугирования на необходимом уровне в центр барабана вводили острый пар. Перед загрузкой в центрифугу кость, для большего вскрытия губчатой массы, предварительно измельчали.

Исследования показали, что выход жира наблюдается в первые 30 сек. центрифугирования, начиная с момента запуска центрифуги. После этого выход жира заметно снижается и, спустя 1 мин., практически не выделяется. Результаты опытов показывают, что при центрифугировании кости в течение 3 мин. степень извлечения жира примерно равна эффекту обезжиривания ее в шнековом аппарате (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Показатели	Ед.изм.	В и д к о с т и				
		тазо- вая	ребра гов.	смесь паспорт. гов.	смесь рядов. гов.	трубча- тая свиная
Выход фугата к ве- су исходной кости	%	15,7	15,2	16,7	13,4	14,7
Состав фугата	%					
влага		41,1	50,7	38,4	36,6	46,1
ж и р		58,9	49,3	61,6	63,4	53,9
Выход товарного жи- ра при центрифуги- ровании к весу исход- ной кости	%	8,2	7,4	9,9	10,4	8,1
Температура фугата	°С	86	88	83	90	91-92
Степень извлечения жира к содержанию его в исходной кости	%	43,1	59,7	51,8	50,1	41,1
Состав кости после центрифугирования	%					
влага		26,6	23,8	22,9	26,4	26,4
ж и р		7,4	5,3	4,8	4,3	7,8
зола		48,3	52,8	53,7	50,8	50,4
белок		44,3	41,9	41,9	44,9	41,8

Полученные суммарные данные двухстадийного обезжиривания кости (см.табл.2 и 4) свидетельствуют о высокой степени извлечения жира и сравнительно небольшом остаточном содержании его в кости. При этом высокое содержание белка в обезжиренной кости доказывает возможность осуществления процесса без потерь протеина. Проведенный анализ водной части фугата подтверждает отсутствие каких-либо ощутимых потерь белковых веществ и во второй стадии обезжиривания - центрифугировании кости.

Исследования показали, что при незначительном содержании сухих веществ в фугате (0,23-0,3%) количество белковых веществ в нем находится в пределах 34,2-50,2%. Это свидетельствует об отсутствии потерь белка в процессе второй стадии обезжиривания.

Наряду с этим в результате повторного обезжиривания полученный жир имеет хорошие химические показатели, отвечающие требованиям I-го сорта (кислотное число 1,5-1,8, перекисное число 0,02). Для выяснения влияния температуры на изменение протеинового сырья были проведены сравнительные опыты обезжиривания идентичной кости сухим и автоклавным методами. Результаты анализа аминокислотного состава обработанной кости (позвонков говяжьих) сухим непрерывным и автоклавным методами показали, что в первом случае мягкий температурный режим и небольшая продолжительность процесса как в шнековом аппарате, так и в центрифуге обеспечивают получение кормового продукта с более высоким содержанием аминокислот в сравнении с автоклавным методом обработки при высоких температурах (табл. 5).

В частности, содержание только двух критических аминокислот — лизина и метионина — в эпифизах, обработанных двухстадийным методом, на 0,118% больше, чем в эпифизах, обработанных автоклавным методом.

Т а б л и ц а 5

Аминокислоты	Вид кости, обработанной		Вид кости, обработанной автоклавным методом	
	в шнековом аппарате, позвонки	в шнековом аппарате и центрифуге, эпифизы	позвонки	эпифизы
I	2	3	4	5
Аргинин	7,65	3,41	7,25	2,60
Аспарагиновая кислота	7,92	2,31	7,99	2,21
Треонин	3,04	0,95	2,99	0,70
Серин	3,61	1,26	2,56	0,93
Глутаминовая кислота	12,62	4,7	11,63	3,82



I	2	3	4	5
Пролин	5,99	2,28	4,68	1,66
Глицин	19,07	8,58	16,38	6,6
Аланин	9,41	3,83	8,73	2,73
Валин	5,24	1,15	5,32	1,15
Изолейцин	2,58	0,79	2,66	0,7
Лейцин	5,56	1,71	6,19	1,45
Фенилаланин	3,11	1,0	3,33	0,83
Лизин	4,51	1,75	4,82	1,57
Гистидин	1,99	0,35	1,81	0,24
Триптофан	1,16	-	1,18	-
Доступный лизин	3,99	-	3,68	-

Вследствие практически полного сохранения белков кость, обработанная новым методом, содержала их на 4,7% больше, чем аналогичная, обезжиренная автоклавным методом. При скормливаниях белым крысам кормовой муки, выработанной из кости, обезжиренной по новой технологии, среднесуточные привесы были в 2,8 раза больше, чем при скормливаниях муки, полученной из аналогичной кости автоклавным методом.

#### ВЫВОДЫ

1. Установлено, что степень извлечения жира при обработке кости в тонком слое и непрерывном потоке при умеренных температурах в течение 12 мин. довольно высокая от 24 до 46,7%, в зависимости от вида кости. Полученный жир по своим химическим показателям отвечает требованиям высшего сорта.

2. Доказана возможность дополнительного обезжиривания кости в течение 3 мин. путем центрифугирования, что позволяет получить пищевой костный жир.

3. Установлено, что степень извлечения жира при двухстадийном обезжиривании кости при умеренных температурах (в течение

15 мин.) составляет 90%.

4. Доказано, что мягкий режим обезжиривания кости исключает потери белков, а также обеспечивает получение готового продукта с повышенным содержанием аминокислот в сравнении с широко применяемым автоклавным методом.