

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ УЛЬТРАЗВУКОМ НА
КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИРА

д 31

Ю.Ф. Заяс , И.У. Юсупова

Сложный химический состав мяса определяет разнообразие результатов воздействия на него ультразвуковых колебаний, которые складываются из их влияния на белковые вещества, жиры, витамины, ферменты. Установлено, что структура тканей выполняет защитные функции в отношении биологически активных веществ, содержащихся в животных тканях /1/.

ВНИИПом проведены исследования изменений гистологической структуры мяса, обусловленных ультразвуком. Ведутся исследования изменений аминокислотного состава белковых веществ мяса при его обработке ультразвуком.

Проведенными исследованиями установлены направления использования ультразвуковых колебаний для интенсификации технологических процессов мясной промышленности и улучшения качественных показателей готового продукта. Применяя установку с гидродинамическим преобразователем, получены стабильные эмульсии животных жиров, введение которых в мясные фарши вареных колбасных изделий

позволяет улучшить качество и увеличить выход готового продукта /2/. Внедрение жировых эмульсий при производстве варенных колбасных изделий осуществлено на Ленинградском мясокомбинате.

Обработка жестких частей мясной туши ультразвуком обуславливает увеличение их нежности в результате разрушения гистологической структуры ткани /3/. При обработке ультразвуком образцы мяса, помещенных в рассол, значительно ускоряются диффузионно-осмотические процессы /4/.

Имеющиеся данные о воздействии ультразвука на биологические ткани, подвергнутые обработке в виде растворов, указывают на возможность развития процессов окисления, деполимеризации, гидролиза, перегруппировки молекул и другие. Основным фактором определяющим химическое действие ультразвука является кавитация. Явления, затрудняющие кавитацию (обезгаживание, давление) уменьшают почти все химические реакции, которые протекают под действием ультразвука.

Химическое действие кавитации обусловлено тем, что электрические заряды, возникающие в кавитационных пузырьках, ионизируют молекулы воды и растворенные в ней вещества. В результате в растворе появляются валентно-ненасыщенные свободные радикалы OH, H, NO₂, H₂O₂, обладающие значительной реакционной способностью. Последние вызывают химические изменения соединений, находящихся в растворе.

В связи с образованием свободных радикалов в водной среде при воздействии на нее ультразвуковых колебаний, возможно развитие окислительных процессов в жировой ткани, помещенной в водную среду. Оксидательная порча жира и изменение его состава обусловлены вероятным разрушением природных антиокислителей жиров и

возникновением цепной реакции окисления.

Необходимо отметить, что количество образовавшихся свободных радикалов слишком незначительно, чтобы вызвать окислительные процессы в продукте, погруженном в водную среду. По-видимому, развитие окислительных процессов возможно в тех случаях, когда свободные радикалы образуются в воде, являющейся составной частью самого продукта.

Возникновение кавитационных процессов в жировой ткани, при воздействии на нее ультразвуком, является маловероятным в связи с незначительным содержанием воды и пластично-упругими свойствами этой ткани. Поэтому, отсутствуют условия необходимые для образования свободных радикалов.

Чтобы выяснить влияние ультразвуковых колебаний на качественные показатели жира, проведены исследования по обработке образцов свиного жира-сырца и топленого свиного жира, подвергнутого эмульгированию на гидродинамической звуковой установке.

При исследовании использовали шпиг, отделенный на участке между 9 и 12 спинными позвонками, его препарировали от прирезей мышечной ткани и шкуры. Вес образцов 250 г. После изъятия из парных туш образцы выдерживали при температуре 2⁰С в течение 2-х суток. При обработке образцы располагались над мембраной преобразователя так, чтобы слои жировой ткани, расположенные под кожей, находились на максимальном удалении от мембранны преобразователя. Причем слои, расположенные над мышечной тканью, располагались непосредственно над мембраной. Образцы жировой ткани подвергались обработке с применением режимов, приведенных в табл. I.

Топленый жир высшего сорта эмульгировали с водой на звуковой гидродинамической установке при температуре 55°С. Состав эмульсии: жир 36%; водный раствор стабилизатора - 64%. В качестве стабилизатора использовали обезжиренное порошковое молоко в количестве 10% к воде.

Исследовано воздействие ультразвука различных частот: 11 кГц (гидродинамическая установка), 19 кГц (магнитострикционный преобразователь), 300 и 1000 кГц (пьезоэлектрические преобразователи).

При исследовании качества жира определяли:

1. Кислотное, перекисное и иодное числа.
2. Содержание кислот с сопряженными связями (сопряженные диены) /5/.
3. Содержание транс-изомеров спектрофотометрическим методом в процентах в пересчете на метилэлаидат /6/. Оксилительные процессы в жирах при воздействии ультразвукового поля могут сопровождаться цистранс-изомеризацией этиленовых связей в молекулах. Определение содержания транс-изомеров сводится к измерению интенсивности полосы поглощения $\nu = 968 \text{ см}^{-1}$ ($\lambda = 10,38 \text{ мкм}$) в спектрах исследуемых образцов и сравнению ее с интенсивностью полосы поглощения соответствующего стандартного образца.

Жирнокислотный состав-методом газожидкостной хроматографии на хроматографе "Хитачи" /7/. Для его определения жиры предварительно переводили в метиловые эфиры. В хроматографе "Хитачи" использован пламенно-ионизационный детектор. Длина колонки 2 м;

диаметр 2 мм, газ-носитель гелий. Твердый носитель хромосорб W 60-80 меш. Жидкая фаза - диэтилентриамин (ДЭГС), 15% от веса твердого носителя. Рабочая температура колонки 190°C. Идентификацию проводили по *lg Ur^{стн.}*.

Исследование воздействия ультразвука различных частот на изменение качественных показателей жира-сырца

Обрабатывая в течение 20 мин. ультразвуком частотой 19 кГц образцы жира-сырца, установлено отсутствие расхождений в величинах кислотного, перекисного и иодного чисел между образцами № 1, 2, 5 и 6 (табл. 2). Незначительные расхождения в содержании жирных кислот объясняются неоднородностью исследуемых образцов жира и укладываются в ошибку опыта. Диеновое число, характеризующее содержание жирных кислот в жирах с сопряженными двойными связями для образцов № 1-2 и № 5-6, равно 0. Это указывает на отсутствие смещения двойных связей в жирных кислотах в сопряженное положение. Конъюгированные жирные кислоты образуются в жирах в результате окисления, полимеризации, когда несопряженные кислоты переходят в сопряженные.

В процессе окислительной порчи происходит пространственная изомеризация с переходом цис-форм в транс-формы, то есть образуются транс-ненасыщенные кислоты. Образование транс-изомеров сопровождается накоплением перекисей. Процент транс-изомеров для образцов № 1-2 и 5-6 (см. табл. 2) равен 0. Полученные результаты указывают на отсутствие развития в жировой тка-

ни окислительных, гидролитических и других процессов при воздействии на нее ультразвуковых колебаний.

Из экспериментальных данных, полученных при применении ультразвуковых колебаний различных частот: 19; 300 и 1000 кГц (образцы № 2, 5 и 6) следует, что частота ультразвука не влияет на эффект его воздействия на жирокислотный состав и другие показатели качества жира. Получены близкие показатели содержания жирных кислот, % сопряженных диенов и транс-изомеров, а также величин кислотного, перекисного и иодного чисел. Эти показатели не отличаются от результатов исследований контрольного образца жира.

При обработке образцов № 7 и № 8 установлено, что основные показатели качества и состава жира-сырца не изменяются. Нет расхождений жирокислотного состава и других показателей для образцов, подвергнутых обработке ультразвуком и необработанных. Хроматограммы жирокислотного состава образцов № 7 и № 8 приведены на рис. I и 2.

Высокой способностью участвовать в процессах окисления обладают ненасыщенные кислоты, например, олеиновая и линолевая, содержание которых определяет пищевую ценность жира. Воздействие ультразвука не вызывает изменения в содержании ненасыщенных кислот. Сохранение содержания ненасыщенных жирных кислот на постоянном уровне определяет отсутствие изменений органолептических показателей образцов жира (запаха, вкуса). Жирные кислоты с двойными связями особенно быстро вызывают изменение запаха и вкуса жира, так как они отличаются наибольшей лабильностью.

Чтобы выяснить влияние обработки ультразвуковыми колебаниями на изменение качества и состав жира после его хранения в течение 6 мес. проведены исследования. Образцы жира № I2 — обработанный и № I3 — не обработанный ультразвуком были заложены на хранение при температуре -12°C в упакованном виде в полиэтиленовую пленку. Результаты опытов показывают на изменение кислотного и перекисного числа жира. В то же время жирокислотный состав, при сравнении опытного и контрольного образцов, не подвергается изменениям. Об отсутствии расхождений в течении процессов опытных и контрольных образцов свидетельствуют также данные определения процента сопряженных диенов и транс-изомеров.

В связи со значительным поглощением ультразвуковых волн поверхностными слоями образцов жировой ткани, расположенными непосредственно над мембраной преобразователя, этим слоям сообщается максимальное количество ультразвуковой энергии. Это достигается максимальным нагревом слоев жировой ткани, расположенных над преобразователем. Следовательно, развитие окислительных и других сопутствующих распространению ультразвуковых волн, процессов возможно, в первую очередь, в этих слоях. Поэтому, образцы ткани после обработки ультразвуком нарезали по слойно и подвергали исследованиям (см. табл. 2).

Основные качественные показатели образцов жира, обработанных ультразвуком (кислотное, перекисное, иодное число и жирокислотный состав), при послойном исследовании образцов являются

близкими. Практически не изменяется общее содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в контрольном образце № 1 и опытных образцах № 3 и 4.

Установлено отсутствие расхождений процента сопряженных диенов и транс-изомеров для опытных и контрольных образцов жира. Послойное исследование образцов жира позволило установить отсутствие изменений качественных показателей и состава жировой ткани при сообщении ей высоких доз ультразвуковой энергии.

Исследование воздействия ультразвука на изменение качественных показателей топленого жира при его эмульгировании

Необходимость исследования возможных изменений качества топленого свиного жира вызвана использованием его для получения жировой эмульсии, вводимой в мясные фарши.

Возможность развития окислительных процессов при озвучивании жира, входящего в состав эмульсии, обусловлена наличием интенсивных кавитационных процессов в жидкой среде и равномерным распределением дисперсной фазы (жира) в дисперсионной среде (воде). При эмульгировании, в отличие от обработки шпига, в водной среде возникают кавитационные процессы. Однако, зона кавитационных явлений ограничивается лишь местом выхода струи жидкости из щели сопла и удара ее в вибрирующую пластинку. Это ограничивает степень воздействия кавитационных процессов на продукт.

Установлено (см. табл. 2) отсутствие расхождений жирокислотного состава жира до эмульгирования, жира, выделенного из эмульсии непосредственно после эмульгирования и выделенного из эмульсии после хранения в течение 12 часов. Хроматограммы жирокислотного состава образцов жира № IО и II приведены на рис. 3 и 4.

Проведенными исследованиями установлено отсутствие изменений в содержании ненасыщенных жирных кислот, являющихся наиболее лабильными. Не установлено также расхождений между опытными и контрольной партиями жира по величине кислотного, перекисного и иодного чисел.

ВЫВОДЫ

1. Установлено отсутствие изменений качественных показателей и жирокислотного состава жира-сырца, обработанного ультразвуком различных частот; вышеуказанное определено для средней пробы, взятой от обработанного образца жира, а также при послойном исследовании образцов и при хранении жира в течение 6 месяцев.

2. Исследованием качественных показателей и жирокислотного состава топленого свиного жира, подвергнутого эмульгированию воздействием ультразвука, установлено отсутствие изменений, характеризующих ухудшение качества жира как непосредственно после эмульгирования, так и после хранения эмульсии.

ЛИТЕРАТУРА

1. За яс Ю.Ф., Ор ло в а Т.Н., Бар к о в В.И.,
На ле то в Н.А. Влияние ультразвука на ткань поджелу-
дочной железы. "Мясная индустрия СССР", № 5, 1969, 29.
2. Со ко ло в А.А., За яс Ю.Ф. Получение жировых
эмульсий с помо щью ультразвука и их применение, "Мясная
индустрия СССР", № 1, 1962, 46.
3. За яс Ю.Ф., Со ло вье в В.И., Ор ло в а Т.Н.,
Ми ттельштейн Т.И., Гариан Б.В.
Исполь зование ультразвуковых колебаний для увеличения нех-
ности мяса, Тр.ВНИИМПа, вып. ХХП, 1970, 43.
4. За яс Ю.Ф. Опыт применения новых методов обработки пи-
щевых продуктов, сб.ГОСИНТИ, 1960, 202.
5. Руко водство по методам исследования, технологическому кон-
тролю и учету производства в масложировой пром-ти, ВНИИЖ,
т. I, кн. 2, 294, 487, л-п.
6. -"- ВНИИЖ, т.Ш, л., 1964, 259.
7. -"- ВНИИЖ, т.I, кн.I, 270, л.

Таблица I

№ об- раз- ца	Часто- та ульт- разву- ка, кГц	Интен- сив- ность, вт/см ²	Продол- житель- ность обработки, мин.	Темпера- тура жира		Темпера- тура воды		Примечание
				°C до обработки	°C после обработки	°C до обработки	°C после обработки	
I	-	-	-	6	6	-	-	Контрольный обра- зец, не обработан- ный ультразвуком
2	I9	3,3	20	6	I4	I0	I2	Весь образец из- мельчали, для анализа взяли среднюю пробу
3	I9	3,3	20	6	I4	I0	I2	Для анализа взят слой, расположен- ный над преобра- зователем
4	I9	3,3	20	6	I4	I0	I2	Для анализа взят верхний слой об- разца
5	300	I6,0	I5	6	35	I0	22	Анализу подверга- лась средняя про- ба от образца
6	I000	I9,2	I5	6	42	I0	22	То же
7	I9	3,3	20	6	I2	II	I4	" -
8	-	-	-	6	6	-	-	Контрольный обра- зец, не обработан- ный ультразвуком
9	II	I82вт	7	55	57	55	57	Интенсивность рас- чета. Жир выделен- ный из эмульсии
10	II	I82вт	7	55	57	55	57	Интенсивность рас- четная. Жир выделен- ный из эмульсии после ее хранения в течение 12 часов
II	-	-	-	55	57	-	-	Контрольный обра- зец, топленый жир не обработанный ультразвуком
12	I9	3,3	20	6	I4	I0	I2	Жир-сырец, обрабо- танный ультразвуком и хранившийся 6мес.
13	-	-	-	6	6	-	-	Контрольный обра- зец - жир-сырец не- обработанный ульт- развуком и хранив- шийся 6 мес.

Таблица 2

№ п/п	Наименование жирных кислот	Образец жира, №												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	12	13
I	Каприловая C_8^0	0,1	следы	следы	следы	0,7	следы							
2	Каприновая C_{10}^0	0,1	следы	следы	следы	0,6	0,1	0,2	0,1	следы	следы	0,2	следы	следы
3	Лауриновая C_{12}^0	0,1	0,5	0,2	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	следы	следы	0,1	следы	следы
4	Миристиновая C_{14}^0	1,4	1,5	1,1	1,6	1,4	1,8	2,0	2,1	1,9	1,7	1,8	1,7	1,7
5	Пальмитиновая C_{16}^0	18,5	21,9	20,0	23,1	22,9	25,9	25,0	25,4	25,0	27,9	24,8	24,8	24,4
6	Пальмитолеиновая C_{16}^1	3,1	4,3	4,2	3,3	2,9	3,6	3,2	3,2	3,6	3,5	3,8	3,0	2,8
7	Гептадекановая C_{17}^0	следы	следы	следы	0,4	следы	0,2	следы	следы	следы	следы	0,4	0,4	
8	Гептадециновая C_{17}^1	следы	следы	следы	0,2	следы	0,2	следы	следы	следы	следы	0,2	0,2	
9	Стеариновая C_{18}^0	12,2	14,1	11,0	10,8	13,4	12,9	14,2	13,5	17,9	16,1	17,8	12,8	12,5
10	Олеиновая C_{18}^1	53,0	48,4	52,6	49,1	46,3	45,3	49,6	49,8	44,2	40,6	45,0	47,5	48,0
II	Линолевая C_{18}^2	11,5	9,3	10,9	11,4	11,4	8,7	5,6	5,8	7,4	10,2	6,5	9,4	9,8
I2	Линоленовая C_{18}^3	-	-	-	-	-	1,4	следы	следы	следы	следы	следы	0,2	0,2
	Эйкозеновая C_{20}^0													
	Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	% сопряженных диенов	0	0	0	0,37	0	0	0	0,32	0,28	0,1	0	0,38	0
	% трансизомеров	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Кислотное число	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,47	0,47	1,15	1,10	1,15	1,2	1,2
	Перекисное число	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,029	0,029	0,021	0,021	0,022	0,038

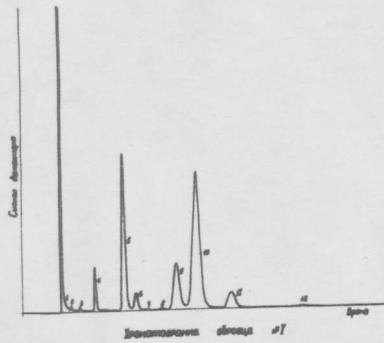


Рис. I. Хроматограмма жира, обработанного ультразвуком;
-19 кГц, Т-20 мин. I-I2 - номера метиловых
эфиров жирных кислот (табл. 2).

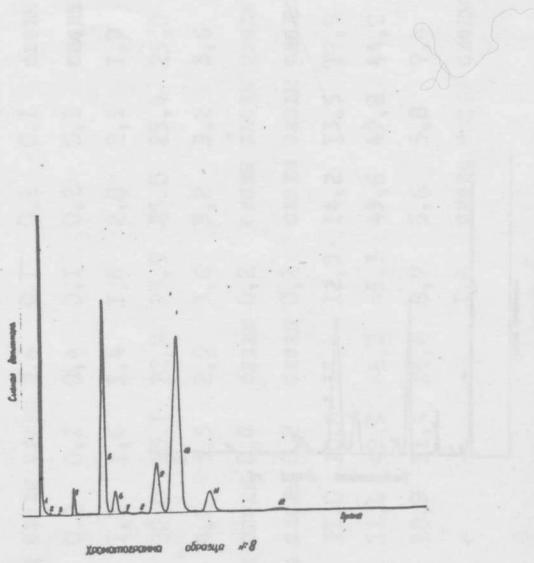


Рис. 2. Хроматограмма контрольного образца жира;
I-I2 - номера метиловых эфиров жирных
кислот (табл. 2).

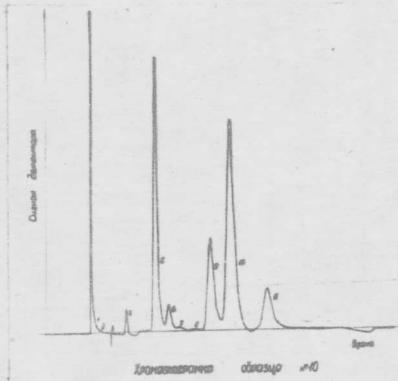


Рис. 3. Хроматограмма жира, обработанного ультразвуком
(после 12 часов хранения эмульсии)

- II,2 кГц, Т - 7 мин.

I-II - номера метиловых эфиров жирных кислот
(табл. 2).

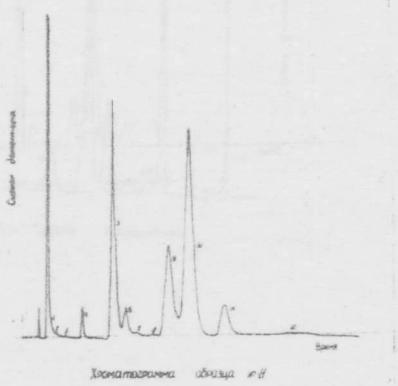


Рис. 4. Хроматограмма контрольного образца жира;
I-I2 - номера метиловых эфиров жирных
кислот (табл. 2).

ОПИСЬ РИСУНКОВ

Рис. I. Хроматограмма жира обработанного ультразвуком.

= 19 кГц; T = 20 мин.

I - I2 - номера метиловых эфиров жирных кислот (см. таб. № 2)?

Рис. 2. Хроматограмма контрольного образца жира.

I-I2 - номера метиловых эфиров жирных кислот (см. таб. 2).

Рис. 3. Хроматограмма жира обработанного ультразвуком (после I2 часов хранения эмульсии). = II,2 кГц; T = 7 мин.

I-II - номера метиловых эфиров жирных кислот (см. таб. 2).

Рис. 4. Хроматограмма контрольного образца жира.

I-I2 - номера метиловых эфиров жирных кислот (см. таб. 2).