

ХУШ КОНГРЕСС РАБОТНИКОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИНСТИТУТОВ  
МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

---

Всесоюзный научно-исследовательский институт  
мясной промышленности. СССР

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА СВОЙСТВА БЕЛКОВ  
МЯСА

Ю.Ф.Заяс                    - ВНИИМП  
Н.А.Строкова

А Н Н О Т А Ц И Я

Исследовано влияние ультразвуковой обработки на растворимость фракции миозина, рН, гидрофильность и аминокислотный состав белковых веществ мяса, в том числе на содержание незаменимых аминокислот в опытных образцах, подвергнутых обработке и незвученных (контрольных). Эти показатели установлены при послойном исследовании образцов ткани, позволившем выделить слои, которым сообщено максимальное количество акустической энергии.

Отсутствие изменений аминокислотного состава является важнейшим показателем сохранения биологической ценности продукта. Постоянство растворимости миозина указывает на отсутствие изменений взаимодействия миозина с другими структурными элементами миофибрилл.

Ультразвуковая обработка не изменяет гидрофильных свойств белковых веществ и рН мясной ткани, в мышечной ткани не возникают дополнительные свободные радикалы и наблюдаются отчетливые сигналы электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), свойственные белкам мышечной ткани в нативном состоянии. Интенсивность спектров озвученных и незвученных образцов почти одинакова. Содержание свободных радикалов в мышечной и жировой тканях не изменяется, что свидетельствует об отсутствии в тканях окислительных процессов при озвучивании.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА СВОЙСТВА БЕЛКОВ МЯСА

## A STUDY OF ULTRASONIC EFFECT UPON THE PROPERTIES OF MEAT PROTEINS

В литературе отсутствуют данные исследований, посвященных проблеме влияния ультразвуковой обработки на качественные показатели мяса и мясопродуктов. Результаты исследований /1, 2/ по влиянию ультразвука на растворы отдельных белков, составляющих мышечную ткань, не могут быть отнесены ко всей мышечной ткани. Установлено /3, 4, 5, 6/, что в поле ультразвуковых волн происходит распад белковых молекул.

При исследовании физико-химических изменений белков мышечной ткани, подвергнутой обработке ультразвуком, для характеристики качества мяса изучали: растворимость фракции миозина, pH мышечной ткани, влагоудерживающую способность по Грау в модификации В.П.Воловинской, аминокислотный состав белков (определяли содержание в образцах золы, влаги и белка), содержание радикалов методом электронного парамагнитного резонанса.

Исследовали образцы весом 300 г, выделенные из длиннейшего мускула спины, после 48 час. от убоя. Продолжительность обработки - 20 минут. Чтобы выявить изменения аминокислотного состава белков мышечной ткани при озвучивании, использовали метод ионообменной хроматографии. Определение проводили на автоматическом анализаторе аминокислот КЛА-3.

С целью изучения изменений белков мяса при воздействии на него ультразвука, определена растворимость фракции миозина, от состояния которого зависит консистенция мяса (табл. I).

Т а б л и ц а I

## Изменение растворимости фракции миозина

Продолжительность обработки, мин.	Часть образца, подвергаемая анализу	Растворимость фракции миозина, г на 100 г мяса	Относительная величина растворимости опытного образца к контролю
1	2	3	4
3	Средняя проба	2,63	1,07
5	То же	2,42	0,99
10	"	2,56	1,04
20	"	2,52	1,03
30	"	2,39	0,98
Контроль	"	2,45	1,00
20	Верхний слой	1,80	1,03

I	2	3	4
20	Нижний слой	1,74	1,0
10	Верхний слой	1,83	1,04
10	Нижний слой	1,70	0,97
Контроль	Средняя проба	1,75	1,0

Изменения аминокислотного состава приведены в табл. 2. Проведены исследования послойные и средних проб озвученных и неозвученных образцов. Установлено, что при ультразвуковой обработке белки мяса не изменяются. Аминокислотный состав, в том числе содержание незаменимых аминокислот образцов, подвергнутых воздействию ультразвука и необработанных, практически аналогичен. Расхождения между опытными и контрольными образцами незначительны и укладываются в ошибку опыта. Отсутствие изменений аминокислотного состава является важнейшим показателем сохранения биологической ценности и состава продукта.

Т а б л и ц а 2

Воздействие ультразвука на аминокислотный состав белковых веществ мышечной ткани  
(в % на сухое вещество)

Наименование	Средняя проба от образца				Послойное исследование образцов			
	озвученного	неозвученного	озвученного	неозвученного	Озвучен. средняя проба от образца	Озвучен. слой, расположенный над луч.	Озвучен. слой, удаленный от луч.	Неозвучен. средняя проба от образца
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лизин	9,30	9,28	10,82	10,64	9,1	9,1	9,1	9,3
Гистидин	4,64	4,50	3,45	3,28	4,5	4,3	4,5	4,0
Аргинин	5,36	5,46	6,35	6,11	5,9	5,6	5,1	5,6
Аспарагиновая кислота	9,77	9,53	9,21	9,32	7,6	8,0	7,6	7,4



I	2	3	4	5	6	7	8	9
Треонин	2,23	2,10	3,32	3,47	3,0	3,7	3,4	3,4
Серин	0,98	0,81	3,42	3,21	3,3	3,2	3,0	3,0
Глутами- новая кислота	13,44	12,93	14,17	14,42	11,5	11,6	12,0	12,3
Пролин	3,44	3,48	3,08	3,33	3,2	2,8	2,8	2,8
Аланин	4,67	4,96	4,49	4,65	4,7	4,7	4,9	4,7
Глицин	3,20	3,45	3,13	2,77	3,3	3,3	3,4	3,2
Цистин	Следы	Следы	0,92	0,73	Следы	Следы	Следы	Следы
Валин	4,82	4,46	3,07	2,96	3,1	3,1	3,5	3,3
Метионин	0,67	-	0,57	0,85	0,4	0,5	1,1	1,5
Изолей- цин	4,52	4,48	2,85	2,67	3,0	3,0	3,1	2,9
Лейцин	7,08	7,18	7,13	6,81	6,5	6,3	6,7	6,5
Тирозин	2,03	2,19	3,07	2,80	2,9	2,9	2,7	2,8
Фенилала- нин	4,08	3,93	3,48	3,15	3,4	3,2	3,3	2,8

Установлены расхождения между опытными и контрольными образцами: для глутаминовой кислоты - 0,3-0,5%, при общем содержании ее 13-14%; содержание валина в контрольном - на 0,4% ниже, а пролина - выше на 0,3%, чем в опытном. Эти расхождения в содержании аминокислот между сериями опытов обусловлены использованием для исследований различного сырья.

Механизм деструкции макромолекул может быть подтвержден исследованием спектров электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). При физико-химическом воздействии на животную ткань появляются сигналы, свидетельствующие об образовании в ткани свободных радикалов, которые изменяют биологические свойства субстрата, не меняя принятых при оценке качества констант.

Образование свободных радикалов в мышечной ткани при озвучивании возможно в связи с вероятностью возникновения кавитационных процессов, сопровождающихся радиолизом воды, продукты которого обладают высокой реакционной способностью. Свободные радикалы могут вызвать окислительные процессы в продукте.

Для исследования образования свободных радикалов в мышечной ткани при озвучивании применен метод ЭПР, позволяющий обнаружить концентрацию свободных радикалов ниже  $10^{-10}$  моль/л в промежутке времени менее 100 мксек. Возможность наблюдения столь кратковременных процессов важна при исследовании кинетики реакции.

Изучение свободных радикалов в мясе /7/ представляет интерес, так как их присутствие отражает наличие ценных соединений (витамин В<sub>2</sub>, К, С, коэнзим Q<sub>10</sub>). Одновременно, характер изменений свободных радикалов при различных способах обработки мяса позволяет установить ход течения окислительно-восстановительных реакций, определяющих свойства мясопродуктов.

Спектры ЭПР в виде первой производной линии поглощения снимали на установке типа ЭПР-ЗМ с высокочастотной модуляцией магнитного поля /8/. В качестве вторичного прибора применяли автоматический электронный потенциометр ЭПН-09МЗ. Исследуемые образцы мышечной ткани лиофилизировали и в стеклянных трубках помещали в центр резонатора, где напряженность микроволнового поля максимальная. Линия поглощения высокочастотной энергии регистрируется непосредственно на экране осциллографа.

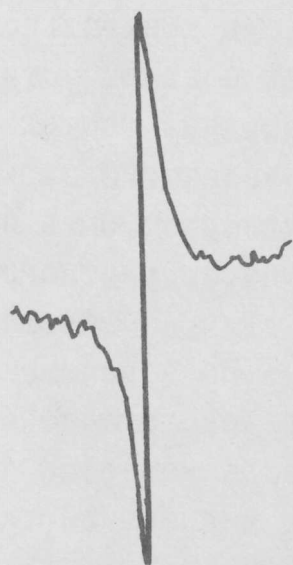


Рис. 1. Контроль

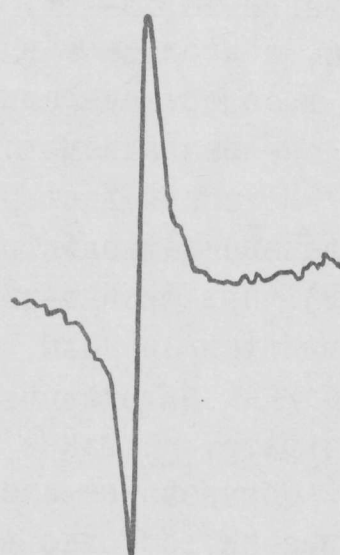


Рис. 2. Озвученный

При исследовании неозвученных (рис. 1) и озвученных (рис. 2) образцов мышечной ткани наблюдали отчетливые сигналы ЭПР. Полученные спектры в виде дублета свойственны белкам мышечной ткани в нативном состоянии. Амплитуда синглетного сигнала озвученного образца превышает амплитуду контрольного на 6%. После ультразвуковой обработки сигнал сохраняет свою структуру. Интенсивность спектров (см. рис. 1, 2) одинаковая. Фактор спектроскопического расщепления ( $q$ -фактор), определяющий положение линии (сигнала) ЭПР равен 2,004. Таким образом, установлено, что озвучивание не сопровождается возникновением в мясной ткани дополнительных свободных радикалов, что свидетельствует об отсутствии развития окислительных процессов в мышечной ткани. Это определено при исследовании средней пробы и при послойном исследовании, позволившем выделить слои ткани, которым сообщено максимальное количество акустической энергии.

Из анализа отношения максимумов интенсивностей (амплитуд) на кривых поглощения и отношения площадей под отдельными пиками видно, что форма и общая картина спектра мышечной ткани при озвучивании не изменяется, то есть, по-видимому, в них присутствуют одни и те же свободные радикалы. Отсутствуют изменения содержания свободных радикалов в озвученной и неозвученной мышечной ткани (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Содержание свободных радикалов в мышечной ткани

Амплитуда сигнала ЭПР в относительных единицах	№ измерений			Среднее
	1	2	3	
До озвучивания	1,71	1,79	1,69	1,73
После озвучивания	1,82	1,83	1,65	1,76

## В ы в о д ы

I. Исследованием физико-химических изменений мышечной ткани, подвергнутой обработке ультразвуком, не установлено изменение растворимости миозина, pH мышечной ткани и ее водосвязывающей способности.



2. Аминокислотный состав белков мышечной ткани при воздействии ультразвука не изменяется, что является важным показателем сохранения биологической ценности и состава продукта.

3. Сравнительные исследования, с применением метода электронного парамагнитного резонанса, показали отсутствие свободно-радикальных реакций в мышечной ткани, подвергнутой обработке ультразвуком, что указывает на отсутствие развития окислительных процессов.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. S n e u m a n O., E r d o s T. Biochim. Biophys. Acta, 2, 1948, 660.
2. G e r s t e n J.W. Arch. phys. med. a. Rehabil., 34, 11, 675.
3. Э л ь п и н е р И.Е. О механизме биологического действия ультразвуковых волн. Бюлл. экспериментальной биологии и медицины. 9, 1950, 207.
4. W e i s l e r A. J. Acoust Soc. Am., 32, 10, 1960, 1028.
5. S p r e s c h t W. Angew. Chem., 65, 1953, 563.
6. Э л ь п и н е р И.Е., З о р и н О.М. О перекисных радикалах белка, возникающих под действием ультразвуковых волн. ДАН СССР, 134, 6, 1960, 1472.
7. К а л м а н с о н А.Э. Применение метода электронного парамагнитного резонанса в биохимии. "Успехи биологической химии", 5, 1963, 289.
8. С е м е н о в А.Г. Спектрометр для наблюдения парамагнитного резонанса. "Приборы и техника эксперимента", 1, 1959, 92.

Table 1

## Changes in myosin fraction solubility

Treatment time, min.	The part of the sample to be analyzed	Myosin fraction solubility, g/100 g meat	Relative solubility of test to control samples
3	Average sample	2.63	1.07
5	- do -	2.42	0.99
10	"	2.56	1.04
20	"	2.52	1.03
30	"	2.39	0.98
Control	"	2.45	1.00
20	Top layer	1.80	1.03
20	Bottom layer	1.74	1.0
10	Top layer	1.83	1.04
10	Bottom layer	1.70	0.97
Control	Average sample	1.75	1.0

Table 2

## Ultrasound effect on the amine acid composition of muscle protein substances (% per dry solids)

Amino acid	Average sample				Sample analyses by layers			
	sound-treated	non-treated with sound	sound-treated	non-treated with sound	sound-treated average sample	sound-treated layer above radiation	sound-treated layer at a distance from radiation	non-treated average sample
Lysine	9.30	9.28	10.82	10.64	9.1	9.1	9.1	9.3
Histidine	4.64	4.50	3.45	3.28	4.5	4.3	4.5	4.0
Arginine	5.36	5.46	6.35	6.11	5.9	5.6	5.1	5.6
Aspartic acid	9.77	9.53	9.21	9.32	7.6	8.0	7.6	7.4
Threonine	2.23	2.10	3.32	3.47	3.0	3.7	3.4	3.4
Serine	0.98	0.81	3.42	3.21	3.3	3.2	3.0	3.0
Glutamic acid	13.44	12.93	14.17	14.42	11.5	11.6	12.0	12.3
Proline	3.44	3.48	3.08	3.33	3.2	2.8	2.8	2.8
Alanine	4.67	4.96	4.49	4.65	4.7	4.7	4.9	4.7
Glycine	3.20	3.45	3.13	2.77	3.3	3.3	3.4	3.2
Cystine	Traces	Traces	0.92	0.73	Traces	Traces	Traces	Traces
Valine	4.82	4.46	3.07	2.96	3.1	3.1	3.5	3.3
Methionine	0.67	-	0.57	0.85	0.4	0.5	1.1	1.5
Iso-leucine	4.52	4.48	2.85	2.67	3.0	3.0	3.1	2.9
Leucine	7.08	7.18	7.13	6.81	6.5	6.3	6.7	6.5
Tyrosine	2.03	2.19	3.07	2.80	2.9	2.9	2.7	2.8
Phenylalanine	4.08	3.93	3.48	3.15	3.4	3.2	3.3	2.8



T a b l e 3  
Contents of free radicals in muscle tissue

Amplitude of EPR signal in relative unit measu- res	Nos of measurements			M e a n
	1	2	3	
Prior to sound treatment	1.71	1.79	1.69	1.73
After sound treatment	1.82	1.83	1.65	1.76

LIST OF FIGURES

FIG.1. C o n t r o l

FIG.2. Sound-treated sample