

XIX ЕВРОПЕЙСКИЙ КОНГРЕСС РАБОТНИКОВ НИИ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ
ОХЛАЖДЕННОЙ ГОВЯДИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ

А.А.БЕЛОУСОВ, Л.В.КУЛИКОВСКАЯ, А.И.ПИСКАРЕВ, Е.В.ГУНАР,
Г.З.ЯКУБОВ

THE XIXth EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH INSTITUTES

THE ALL-UNION RESEARCH INSTITUTE OF MEAT INDUSTRY USSR

ULTRASTRUCTURAL AND BIOCHEMICAL CHANGES IN THE MUSCULAR TISSUE
OF CHILLED BEEF AS RELATED TO STORAGE PROCEDURES

А.А.БЕЛОУСОВ, Л.В.КУЛИКОВСКАЯ, А.И.ПИСКАРЕВ, Е.В.ГУНАР,
Г.З.ЯКОУБОВ

DER XIX. EUROPÄISCHE KONGRESS DER FLEISCHFORSCHUNGSGESELLSCHAFT

ALLUNIONS-FORSCHUNGSGESELLSCHAFT DER FLEISCHWIRTSCHAFT UdSSR

ULTRASTRUKTURELLE UND BIOCHEMISCHE VERÄNDERUNGEN IM MUCKELGEWEBE
DES ABGEKÜHLTEN RINDFLEISCHES IN ABHÄNGIGKEIT VON LAGERUNGS-
METHODEN

А.А.БЕЛОУССОВ, Л.В.КУЛИКОВСКАЯ, А.И.ПИСКАРЕВ, Е.В.ГУНАР,
Г.С.ЯКУБОВ

А Н Н О Т А Ц И Я

Проведены сравнительные исследования ультраструктуры мышечной ткани, экстрагируемости и фракционного состава белков саркоплазмы и миофибрилл в процессе хранения охлажденной говядины при 0°C в воздушной среде и газообразном азоте (99,8%) в течение 20 суток.

Установлено, что в среде газообразного азота на всех этапах хранения мяса ультраструктура мышечных волокон значительно набухает. Процессы деструкции, выражавшиеся фрагментацией миофибрилл, распадом саркоплазматического ретикулума, саркосом и др., при хранении мяса в атмосфере азота развиваются менее интенсивно.

Электронномикроскопические, физико-химические (влагоудерживающая способность) и биохимические (экстрагируемость и фракционный состав саркоплазматических и миофибриллярных белков) исследования показали, что хранение говядины в атмосфере газообразного азота, по сравнению с хранением в воздушной среде, обеспечивает лучшую сохранность нативных свойств мяса.

S U M M A R Y

Muscular tissue ultrastructure, the extractability and the fractional composition of sarcoplasmic and myofibrillar proteins during chilled beef storage at 0°C in the air and in gaseous nitrogen (99.8%) within 20 days were comparatively studied.

It was established that in gaseous nitrogen muscular tissue ultrastructure was considerably swollen at all stages of meat storage. Destruction processes manifesting themselves in myofibrils fragmentation, sarcoplasmic reticulum, sarcosomes, etc. decomposition, during meat storage in nitrogen were less intensive.

Electronmicroscopic, physico-chemical (water holding capacity) and biochemical (extractability and fractional composition of sarcoplasmic and myofibrillar proteins) studies indicated that beef storage in gaseous nitrogen, as compared to air, provided better keepability of the native properties of meat.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Ultrastruktur von Muskelgewebe, die Extrahierbarkeit und die Fraktionenzusammensetzung von Sarkoplasma-sowie Myofibrilleneiweißen wurden während der 20-tägigen Lagerung des abgekühlten Rindfleisches bei 0°C in der Luft und unter Stickstoff (99,8%) vergleichend untersucht.

Es wurde festgestellt, daß die Ultrastruktur von Muskelfasern in allen Stufen der Fleischlagerung unter Stickstoff durch eine starke Quellung gekennzeichnet wird. Die Destruktionsvorgänge, die in der Fragmentation von Myofibrillen, im Zerfall von Sarkoplasmaretikulum, von Sarkosomen u.a. ihr Ausdruck finden, verlaufen bei der Fleischlagerung unter Stickstoff weniger intensiv.

Die elektronenmikroskopischen, physikal-chemischen (das Wasserbindevermögen) und biochemischen (die Extrahierbarkeit und die Fraktionenzusammensetzung von sarkoplasmatischen sowie myofibrillären Eiweißen) Untersuchungen haben gezeigt, daß die Lagerung von Rindfleisch unter Stickstoff im Vergleich zu der in der Luft eine bessere Erhaltung von nativen Fleischeigenschaften sichert.

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ОХЛАЖДЕННОЙ ГОВЯДИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ

В последние годы значительное внимание уделяется исследованиям по хранению мяса в среде инертного газа /I-3/. Ряд авторов /4-6/ в своих работах показывает, что в атмосфере азота при 0°C лучше сохраняется окраска поверхности мышечной ткани мяса и угнетается рост аэробных психротрофных бактерий, а, следовательно, увеличивается срок хранения говядины.

Представляли интерес исследования по изучению влияния атмосферы азота на изменение ультраструктуры, влагоудерживающей способности, растворимости и фракционного состава белков мяса в процессе хранения при 0°C.

В наших исследованиях охлажденную говядину (длиннейший мускул спины) хранили в течение 20 сут. при 0°C в атмосфере с содержанием газообразного азота 99,8% ($\pm 0,2\%$). Контрольные образцы мяса хранили на воздухе при этой же температуре.

Качество охлажденной говядины оценивали по ультраструктурным и биохимическим изменениям мяса перед закладкой его на хранение, а затем через 2, 6, 9, 12, 15, 20 сут. хранения.

Для электронномикроскопического исследования пробы фиксировали 1%-ным раствором O_2SO_4 по Кол菲尔ду и заливали в метакрилат. Срезы изготавливали на ультрамикротоме α КБ-4801А, контрастировали в процессе проводки уранилацетатом и фосфорновольфрамовой кислотой, а затем на сеточках - уранил-ацетатом. Срезы просматривали в электронном микроскопе УЭМБ-100 Б при 5000-40000 инструментальном увеличении.

Фракционный состав белков определяли с помощью электрофореза в крахмальном геле /7/ в трис-бортной буферной системе /8/, модифицированной нами. Миофibrillлярные белки извлекали из мышечной ткани дистиллированной водой и 8 М мочевиной /9, 10/.

Для определения растворимости саркоплазматических белков использовали: 0,03 М К-фосфатный буфер, миофibrillлярных белков - 0,01 М К-фосфатный буфер + 1,1 М КІ /II/. Содержание азота в белковых экстрактах устанавливали с помощью полумикрометода Кельдаля.

Влагоудерживающую способность мяса определяли пресс-методом /12, 13/.

Электронномикроскопические исследования мяса до хранения показали, что в охлажденных мышцах мышечные волокна были раздвинуты, миофибриллы - сокращены, протофибриллы - расположены параллельными рядами и плотно прилегали друг к другу. H -диски в миофибриллах отсутствовали, а поперечная исчерченность представляла собой чередование контрастно очерченных узких полосок Z -и уплотненных A -дисков. На отдельных участках мышечных волокон Z -пластинки плохо были различимы, вследствие чего не было четкой разграниченности миофибрилл на саркомеры. В пространствах между миофибриллами встречались саркосомы, кристы их сохранялись, матрикс был просветлен.

Через 2 сут. хранения мяса в воздушной среде миофибриллы были раздвинуты и имели прямолинейные очертания; повсюду в них различались узкие Z -пластинки. В саркосомах имели место деструкция крист и отщепление от структур липидов (рис. I).

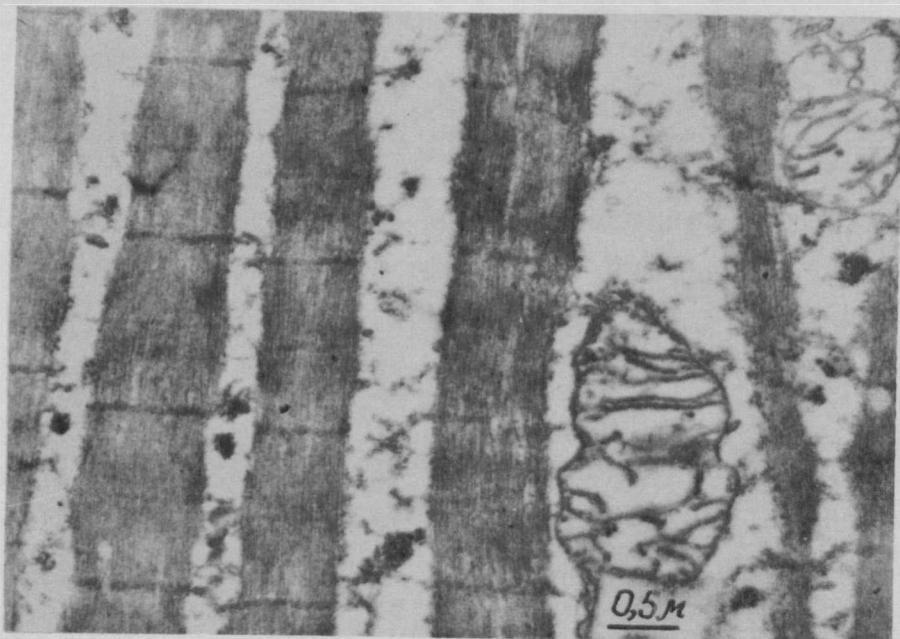


Рис. I. Электроннограмма участка мышечного волокна длиннейшей мышцы спины через 2 сут. хранения в воздухе при 0°C

В процессе дальнейшего хранения в воздушной среде миофибриллы в основном сохраняли прямолинейные очертания или становились слегка гирляндовидными. Z -диски, как правило, не восстанавливались. Начиная с 2–6 сут., отмечалась фрагментация миофибрилл по Z -пластинкам, которая в последующие сроки хранения мяса усиливалась. Так к 12 сут., наряду с локальной деструкцией отдельных миофибрилл, выявлялась фрагментация целых групп их в поперечном направлении (рис. 2).



Рис. 2. Участок мышечного волокна длиннейшей мышцы спины через 12 сут. хранения в воздухе при 0°C . Фрагментация миофибрилл

К 20 сут. хранения мяса в воздушной среде, помимо возрастающей фрагментации миофибрилл, обнаруживали локальные распады их, а также – набухание и расщепление миозиновых нитей. Усиливались, по мере хранения, и деструктивные процессы в саркоплазме. Это выражалось распадом саркосом, разрушением саркоплазматического ретикулума, усилением процессов липофанероза.

При созревании мяса в атмосфере азота уже к 2 сут. хранения наблюдали значительное утолщение миофибрилл. Они становились гирляндовидными и плотно прилегали друг к другу (рис. 3).

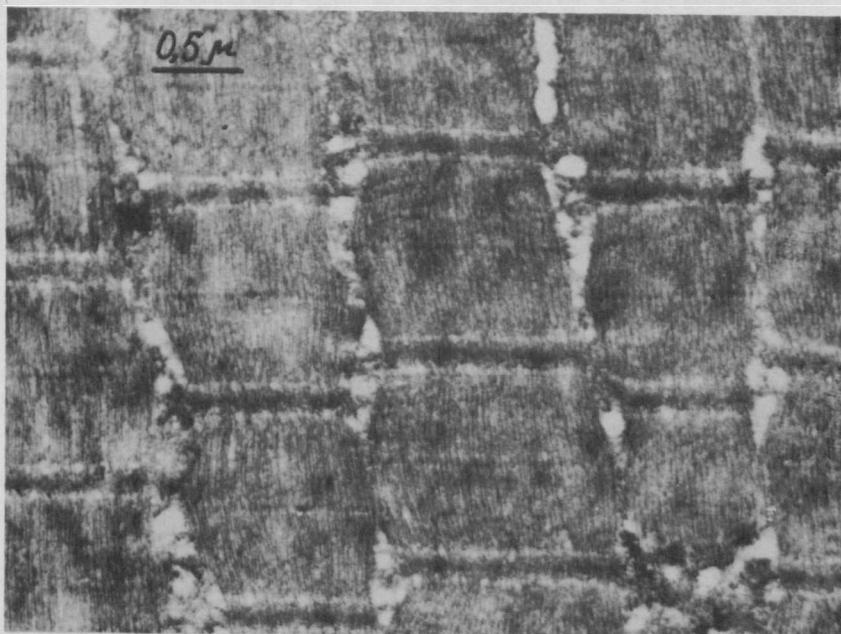


Рис. 3. Электроннограмма участка мышечного волокна длиннейшей мышцы спины через 2 сут. хранения в атмосфере азота.
Набухание миофибрилл

Повсюду были отчетливо различимы утолщенные χ -пластинки, а в отдельных участках обнаруживали восстановленные γ -диски. Между миофибриллами выявлялись набухшие саркосомы и увеличенные в размерах каналы саркоплазматического ретикулума.

По мере дальнейшего хранения в атмосфере азота степень набухания структур мышечных волокон усиливалась. К 12 сут. на отдельных участках мышечных волокон наблюдали сплошь слившуюся массу миофибрилл, в которой выявили сильно разбухшие саркосомы с распавшимися кристаллами. На таких участках протофибриллы были изогнуты, местами набухшие, расположены довольно рыхло, не было упорядоченности, характерной для исходного образца мяса (рис. 4).

К 12-15 сут. хранения мяса в атмосфере азота, наряду с сильным набуханием структур мышечных волокон, деструкцией саркосом и разрушением саркоплазматического ретикулума, обнаружили фрагментацию и локальные распады миофибрилл.

Приведенные в таблице данные показали, что при хранении на воздухе влагоудерживающая способность мышечной ткани и растворимость саркоплазматических и миофибриллярных белков мяса достига-

Т а б л и ц а

Влагоудерживающая способность и растворимость белков мяса при хранении в атмосфере азота и воздухе (данные по 4 опытам)

Время хранения, сут.	Влагоудерживающая способность, в % к мышечной ткани		Саркоплазматические белки ^{x)}		Миофibrillлярные белки ^{x)}		Небелковые вещества ^{x)}	
	Воздух	Азот	Воздух	Азот	Воздух	Азот	Воздух	Азот
До начала хранения	58,7(0,2) ^{xx)}		23,9(0,7)		51,6(0,6)		9,7(0,4)	
2	57,0(0,3)	62,0(0,1)	20,8(0,6)	24,9(0,3)	45,0(0,9)	52,0(0,4)	8,2(0,4)	9,7(0,6)
6	60,0(0,2)	63,2(0,3)	24,7(0,3)	25,7(0,4)	47,7(0,6)	52,0(0,5)	9,7(0,3)	9,7(0,3)
9	62,3(0,4)	63,5(0,4)	26,6(0,2)	26,0(0,4)	49,9(0,6)	52,4(0,9)	10,1(0,3)	9,9(0,4)
12	61,0(0,5)	66,0(0,4)	25,2(0,7)	27,5(0,9)	49,1(0,5)	52,6(0,7)	11,1(0,5)	9,9(0,6)
15	59,0(0,2)	66,0(0,1)	24,0(0,1)	26,0(0,2)	47,3(0,4)	52,5(0,6)	12,4(0,4)	10,3(0,5)
20	57,6(0,1)	65,7(0,1)	23,5(0,9)	25,1(0,3)	46,8(0,7)	50,2(0,6)	13,0(0,4)	11,3(0,2)

^{x)} В % к общему азоту

^{xx)} Среднее значение и стандартное отклонение

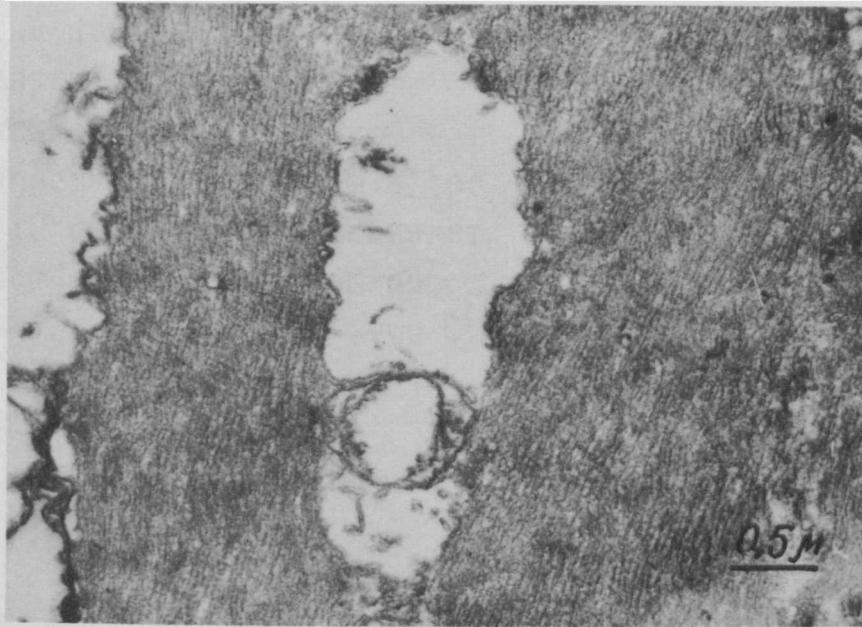


Рис. 4. Участок мышечного волокна длиннейшей мышцы спины через 12 сут. хранения в атмосфере азота при 0⁰С. Слияние группы сильно набухших миофибрилл

ет минимальных и максимальных значений, соответственно на 2 и 3 сутки. При дальнейшем хранении происходило уменьшение этих показателей.

При хранении мяса в атмосфере азота, начиная со вторых суток, наблюдали увеличение влагоудерживающей способности и растворимости белков, которые достигли максимума к 12 суткам. К концу хранения (на 15-20 сут.) наблюдали большую влагоудерживающую способность и растворимость белков у образцов мяса, хранившихся в атмосфере азота.

Таким образом, динамика влагоудерживающей способности и растворимости белков в процессе хранения мяса на воздухе и в атмосфере азота различна.

Что касается азотсодержащих небелковых веществ, то, как видно из таблицы, несколько большее их накопление наблюдали при хранении мяса на воздухе. По-видимому, это связано с более быстрым увеличением количества микробов в этих условиях.

Электрофоретические исследования показали, что белки саркоплазмы охлажденного мяса представляли собой смесь 27 фракций, белки миофибрилл - 10 фракций (рис. 5, 6).

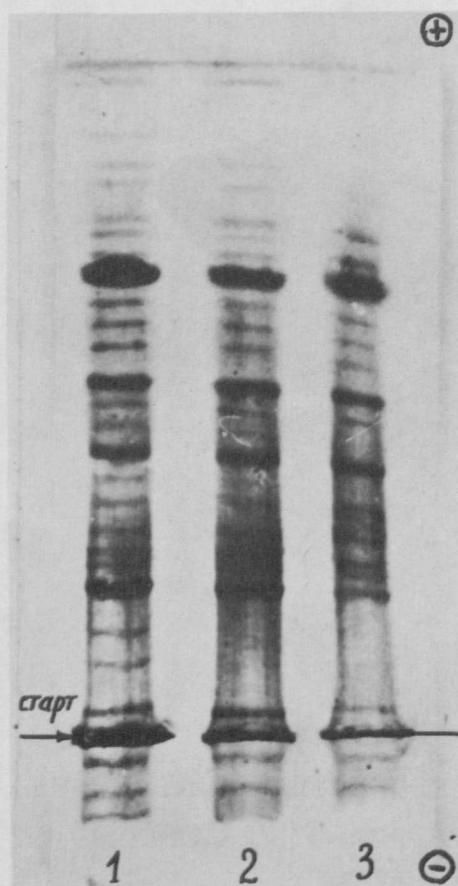


Рис. 5. Электрофорез саркоплазматических белков мяса в крахмальном геле:

I - исходное (после охлаждения) мясо; 2 - мясо, хранившееся в азоте в течение 20 сут. при 0°C ; 3 - мясо, хранившееся в воздухе в течение 20 сут. при 0°C .

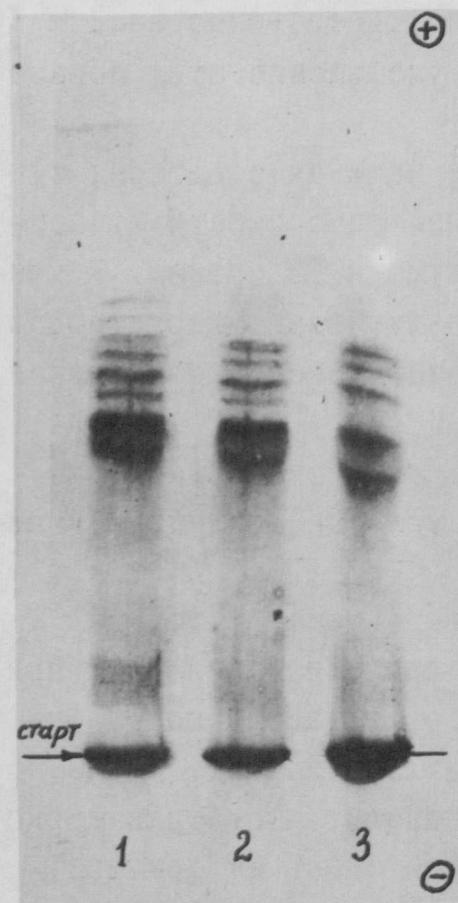


Рис. 6. Электрофорез миофибриллярных белков мяса в крахмальном геле:

I - исходное (после охлаждения) мясо; 2 - мясо, хранившееся в азоте в течение 20 сут. при 0°C ; 3 - мясо, хранившееся в воздухе в течение 20 сут. при 0°C .

После хранения мяса в атмосфере азота удалось выявить 23 фракции саркоплазматических белков и 7 - миофибриллярных. Хранившееся на воздухе мясо содержало 18 саркоплазматических и 6 миофибриллярных фракций. Необходимо отметить, что белковые фракции в хранившемся мясе были выражены значительно слабее, чем в исходном, при любом способе хранения. Меньшее число и количественное содержание белковых фракций обнаружено в образцах, хранившихся в воздушной среде.

Ультраструктурные и биохимические изменения в процессе хранения говядины в атмосфере азота и воздухе при 0°C были различны. В первом случае наблюдали ^[14, 15] сильное набухание структур мышечных волокон, сопровождающееся значительным увеличением влагоудерживающей способности мяса и менее интенсивное развитие деструктивных процессов.

Различие показателей в процессе хранения мяса в азоте объясняется отсутствием кислорода. Таким образом хранение говядины в атмосфере азота позволяет лучше сохранить нативные свойства мяса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Niederehe D. "Die Fleischwirtschaft", 1968, 278-280.
2. Bomar M. "Prumysl potravin", 18, 1967, 72-76.
3. Partmann W., Frank H., Gutschmidt J. "Die Fleischwirtschaft", 50, 8, 1970, 1067-1072,
4. Weidemann J. "J. Appl. Bacteriol.", 28, 1965, 365-367.
5. Partmann W., Frank H., Gutschmidt J. "Die Fleischwirtschaft", 50, 1970, 1205-1208.
6. Sasharow S. "Poultry Meat", 21, 1970, 32, 34, 36-37.
7. Smithies O. "Biochem J.", 61, 1955, 629.
8. Fergusson K., Wallace A. Recent progress in hormon research. 19, 1, 1963.
9. Aberle E.D., Merkel R.A. "J. Food Sci.", 31, 1966, 151.
10. Neelin J.M., Rose D. "J. Food Sci.", 29, 1964, 544.
11. Mehoughlin J.U. "J. Food Sci.", 33, 1968, 383.
12. Hamm R. "Naturwissenschaften", 40, 1953, 29.

- I3. Воловинская В.П., Кельман Л.Ф. "Мясная промышленность СССР", 6, 1960, 47.
- I4. Саркисов Д.С., Вьюрин Б.В. Электронная микроскопия деструктивных и регенераторных внутриклеточных процессов. Изд. "Медицина", М., 1967, 148.
- I5. Allison A. "Nature", 205, 1965, 141,