

ИЗМЕНЕНИЯ В ОБРАЗЦАХ МЯСА КУР ПРИ НАГРЕВЕ В ПОЛЕ Д 32
ИНФРАКРАСНОГО (ИК) ИЗЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

А.С.Большаков , Н.С.Митрофанов

В последние годы в производстве пищевых продуктов все больше применяются новые физические методы обработки. Нагрев сырья и полуфабрикатов инфракрасным излучением (ИК-излучением) и энергией сверхвысоких частот (СВЧ) интенсифицирует производственный процесс, способствует повышению качества продукта, упрощает организацию процесса и имеет, по сравнению с традиционными методами тепловой обработки (варкой в воде и паре, жарением в духовом шкафу и во фритюре), ряд других преимуществ.

Одной из причин, сдерживающих широкое внедрение новых методов, является недостаточная изученность закономерностей изменений обрабатываемого продукта.

В настоящей работе изучались температурные поля в образцах белого и красного мяса кур при нагреве в поле инфракрасного излучения плотностью $1,3 \times 10^4$ Вт/м² и потери веса, азотистых соединений и жира в зависимости от степени нагрева.

Определяли изменение температурного поля в образцах белого и красного мяса при жарении их в формах с изолированными стенками ($K=10$ ккал/м².час.град). Как показали наши предварительные

исследования на целых тушках, изменение температуры в геометрическом центре такого образца, удовлетворительно совпадает с изменением температуры в менее нагреваемой части целой тушки курицы весом 1 кг при жарении ее в идентичных условиях (в поле ИК-излучения плотностью $1,3 \times 10^4$ Вт/м², вращение 1,0 об/мин).

Температуру нагреваемого образца измеряли в точках, показанных на рис. 1, хромель-копелевыми термопарами; температура записывалась автоматическим потенциометром ЭПМ-6 и переносным потенциометром ЭПН-63. Термопары тщательно выверяли по образцовому термометру в пределах температур 0-150°C. При измерении температуры поверхностного слоя образца термопару защищали от воздействия инфракрасных лучей колпачком из полированного алюминия.

Инфракрасное излучение плотностью $1,3 \times 10^4$ Вт/м² создавали с помощью газовых беспламенных горелок ГИИВ-1, имеющих температуру излучающей поверхности 1000-1200°K и максимум излучения с длиной волны 2,7-2,9 мкм; расстояние до продукта составляло 320 мм. Температура воздуха в шкафу, где производилось измерение температурных полей при включенных горелках инфракрасного излучения, поддерживалась на уровне 150°C.

Определяли потери веса, азотистых соединений и жира. Содержание воды устанавливали высушиванием до постоянного веса в сушильном шкафу при 105°C, общего азота - методом Кьельдаля, жира - экстрагированием петролевым эфиром высушенной навески мяса в аппарате Сокслета.

Кроме того определяли общие потери веса от вытекшего сока и от испарения (разница между общими потерями веса и потерями от вытекшего сока).

Рассматривая кривые изменения температурных полей при жарке мяса кур в поле ИК-излучения (рис. 2, 3, 4), можно отметить три характерные особенности: а) интенсивный нагрев; б) прекращение повышения температуры поверхностного слоя приблизительно после 110°C, а затем через 10–15 мин. нагрева вновь быстрое ее повышение; в) значительное повышение температуры во внутренних слоях образца после извлечения его из инфракрасного шкафа.

При нагреве образца в форме с изолированными стенками ($K = 10 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}$) размером 50 x 50 x 40 мм (см. рис. 2, 3, 4) внутренние слои (точки 2, 3, 4) нагреваются с большей скоростью и относительно равномерно по всему объему (разница температур между слоями, отстоящими от поверхности образца на 1 и 2 см, не превышает 15°C).

Интенсивная скорость нагрева мяса в поле инфракрасного излучения требует тщательного контроля за проведением процесса. Свыше 125°C в поверхностном слое образца наблюдается очень легкое обугливание выпуклостей поверхности, а после — 150°C вся поверхность слегка обуглена (см. табл. I).

При этом продолжительность изменения цвета поверхности от слегка подрумяненной до значительного обугливания составляет всего 4,5 мин.

Таблица I

Изменение цвета поверхности образца белого мяса при жарке в поле ИК-излучения. Расстояние от излучателя 320 мм

Температура в поверхностном слое, °C	Продолжительность нагрева, мин.	Цвет поверхности мяса
1	2	3
122	25,5	Слегка подрумянена
125	27,0	Очень легкое обугливание выпуклостей
130	27,5	Легкое обугливание выпуклостей, поверхность сильно подрумянена

продолжение таблицы I

I	2	3
135	29,0	Выпуклости средне обуглены, поверхность сильно подрумянена
150	30,0	Вся поверхность слегка обуглена
160	30,5	Поверхность средне обуглена
170	31,0	Выпуклости черного цвета, поверхность темно-коричневого цвета

С прекращением повышения температуры поверхностного слоя, с одной стороны не происходит обгорание поверхности, но, с другой, испаряется влага, что снижает выход готового продукта (см. табл. 2)

Таблица 2

Изменение содержания влаги в средней пробе образца и поверхностном слое (3 мм) при жарении до различной температуры в геометрическом центре образца

Образец	Температура в центре образца, °C		
	70	80	90
<u>Белое мясо</u>			
Средняя проба	67,3	66,5	63,2
В поверхностном слое	61,3	56,3	48,5
<u>Красное мясо</u>			
Средняя проба	66,4	63,2	60,2
В поверхностном слое	50,5	52,0	44,8

Как видно из таблицы, с повышением температуры в центре образца разница между содержанием воды в средней пробе и поверхностном слое повышается. Для белого мяса разница составила 6,0; 10,2; 14,7, а для красного - 7,9; 11,2; 15,4% при соответствующем повышении температуры в центре образца до 70, 80 и 90°C.

После извлечения из шкафа температура, за счет аккумулятивного в образце тепла, продолжает повышаться, причем разница между

максимально достигнутой температурой и температурой во время извлечения в исследованных слоях образца тем выше, чем меньше температура в центральном слое в момент извлечения (см. табл. 3).

Таблица 3

Повышение температуры по слоям образца белого мяса после извлечения из шкафа при различной температуре в центре (после извлечения из печи образцы выдерживали при 20°C

Образец	Температура по слоям (точки на рис. 1)		
	2	3	4
<u>Образец №1</u>			
в момент извлечения	46,5	27,0	32,9
максимальная	56,8	50,5	48,7
разница	10,3	23,5	15,8
<u>Образец №2</u>			
в момент извлечения	72,5	50,0	63,1
максимальная	74,4	69,0	68,2
разница	1,9	19,0	5,1
<u>Образец №3</u>			
в момент извлечения	80,1	70,0	76,2
максимальная	81,0	73,2	77,4
разница	0,9	3,2	1,2

При жарении мяса в исследованных условиях мышечные волокна сохраняют свою целостность, но уплотняются и уменьшаются в диаметре. Геометрические формы и объем образца в целом также уменьшаются: происходит его уплотнение. Изменение структуры волокон сопровождается уменьшением веса образца и снижением содержания в нем воды.

Потери веса возрастают с повышением температуры в центре образца (см. рис. 5), причем в красном мясе потери значительно больше, чем в белом. Очевидно, в красном мясе при нагреве происходят более глубокие структурные изменения, чем в белом мясе.

Потери веса тесно коррелируют с достигнутой температурой в

центре образца: для белого мяса коэффициент корреляции между температурой в центре и потерями при жарении $r = -0,84$; для красного $r = -0,83$. Достоверность коэффициентов корреляции достаточно высока ($P < 0,005$).

Очевидно, что потери веса складываются, главным образом из потерь воды, жира и азотистых соединений, которые также отчетливо увеличиваются с повышением температуры в центре образца (см. рис.6). Статистическая обработка полученных результатов показала достоверность различий в потерях азотистых соединений и жира между группами, температура в центре которых отличалась на $5-10^{\circ}\text{C}$. Уровень значимости при 4-6-кратном повторении для всех серий опытов, при которых температура в центре отличалась на 10°C был меньшим $P < 0,005$, а при разности температур 5°C меньшим $P < 0,02$.

Таким образом, с повышением температуры в центре образца увеличивается выделение азотистых соединений и жира из мяса с вытекающим мясным соком. Использование его по крайней мере на пищевые цели связано с большими затруднениями, а в некоторых случаях просто невозможно.

В заключение можно отметить, что при использовании новых, более интенсивных способов нагрева требуется более тщательный контроль технологического процесса.

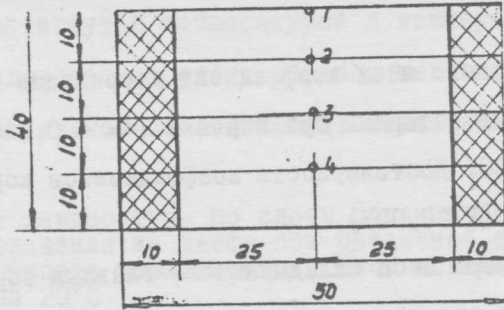


Рис. 1. Схема размещения термодпар в образце

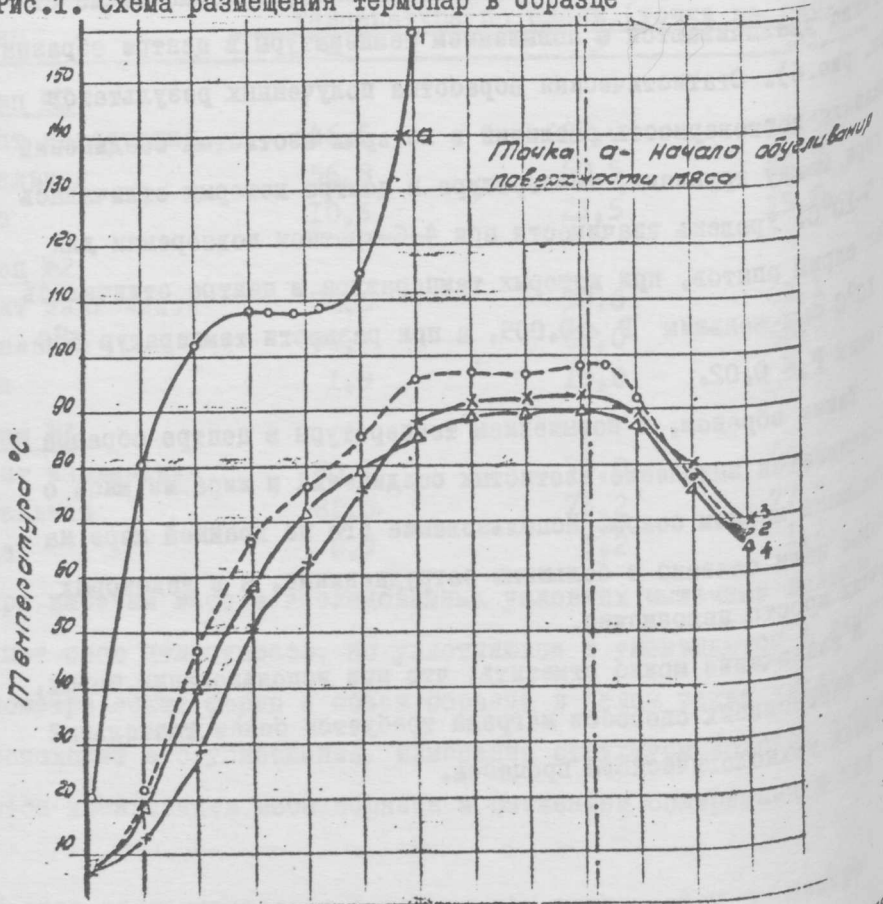


Рис. 2. Температурные кривые при нагреве в поле ИК-излучения образцов белого мяса. Кривые 1, 2, 3 и 4 - изменение температуры различных точек (см. рис. 1)

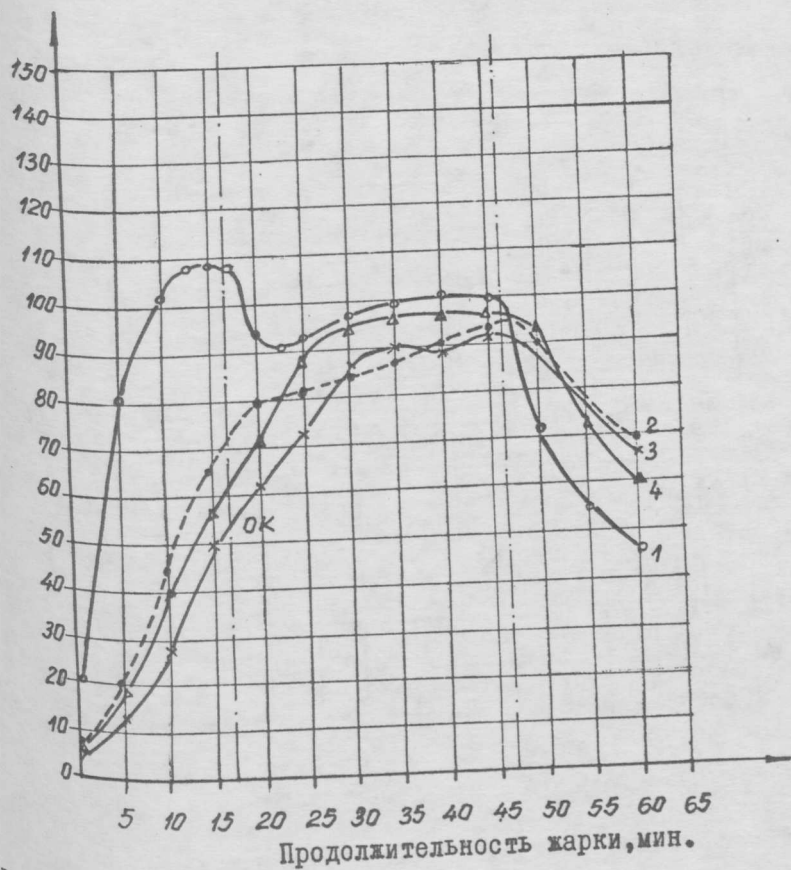


Рис.3. Температурные кривые при нагреве в поле ИК-излучения образцов белого мяса:

1,2,3 и 4- кривые изменения температуры в различных точках (см.рис.1).Образец перевернули на другую сторону после 18 и вынули из шкафа после 46 мин.жариния

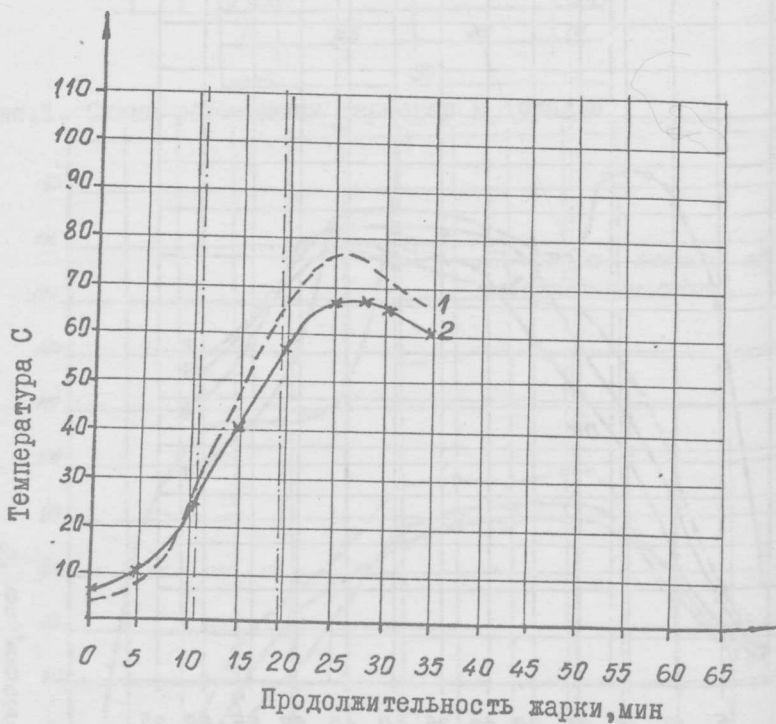


Рис.4. Изменение температуры в центре образца. Образец перевернули после II и вынули из шкафа после 19 мин. жарения:

- 1 - белое мясо;
- 2 - красное мясо.

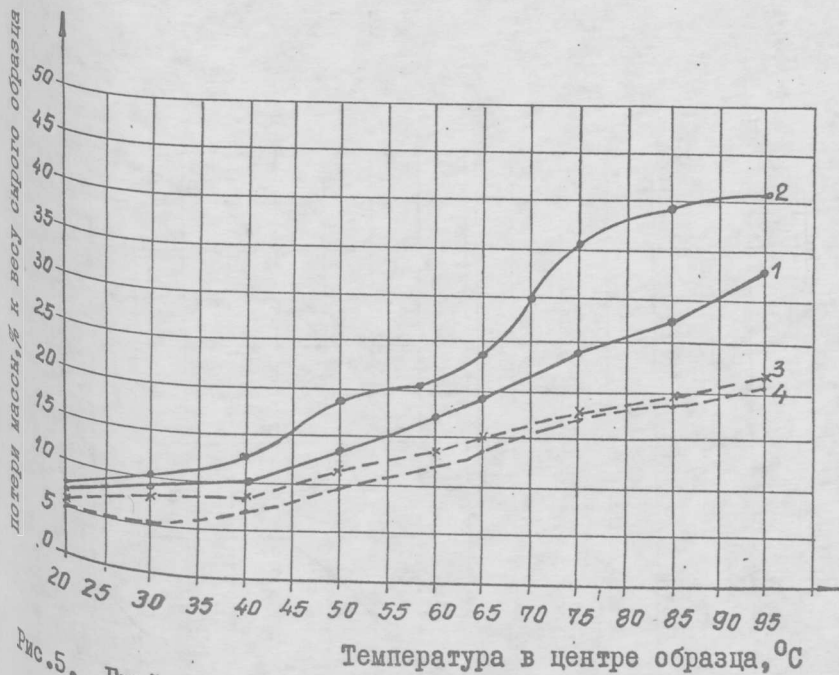


Рис.5. График изменения потерь веса образцами мяса при жарения в поле ИК -излучения в форме с изолированными стенками:

- 1 - потери веса общие (белое мясо);
- 2 - то же (красное мясо);
- 3 - потери веса от испарения (белое мясо);
- 4 - то же (красное мясо)

Потери азотистых веществ в пересчете на белок, % к весу сырого образца

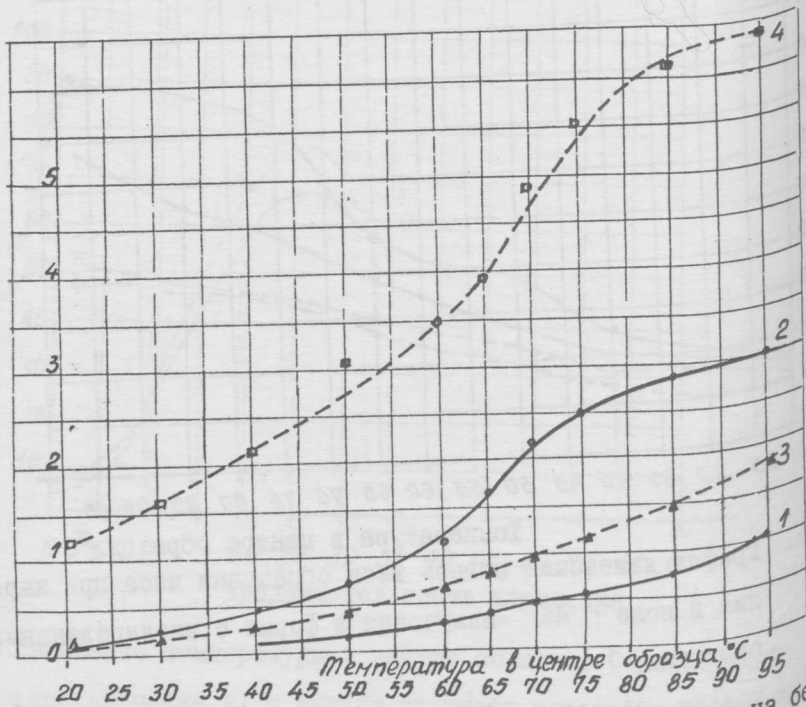


Рис. 6 График потерь азотистых веществ, в пересчете на белок ($M \times 6,25$), и жира при жарении образцов мяса в поле ИК-излучения в форме с изолированными стенками:
 1 - потери азотистых веществ образцами белого мяса;
 2 - то же, образцами красного мяса;
 3 - потери жира образцами белого мяса;
 4 - то же, образцами красного мяса