

7 - 11 О СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ГОВЯДИНЫ В ПРОЦЕССЕ НАГРЕВА. СООБЩЕНИЕ II

Е.Ф.Орешкин, М.А.Борисова и Г.С.Чубарова. ВНИИ мясной промышленности, Москва, СССР. Е.А.Пермяков и Э.А.Бурштейн. Институт биофизики АН СССР, Москва, СССР

В работе проводилось изучение конформационных изменений белков мяса в процессе нагревания методом собственной флуоресценции белка по методике, описанной в нашем докладе "О структурных изменениях говядины в процессе нагрева" с тем отличием, что нагревание образцов проводили со скоростью $\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ до 60, 65, 70, 75, 80 и 85°C , а затем образец выдерживали при каждой температуре в течение 80 минут. Через каждые 5 мин нагревания фиксировали спектры флуоресценции, которые затем анализировали.

Результаты и обсуждение

При анализе основных параметров флуоресценции белков мяса при 60°C в зависимости от длительности нагрева, можно отметить, что положение максимума флуоресценции практически не меняется, ширина спектра монотонно увеличивается (на ~ 4 нм после 80 минут нагрева), а монотонность уменьшения квантового выхода нарушается после 40 мин нагрева. Уменьшение величины квантового выхода во временнем интервале 40-50 мин свидетельствует о наличии структурного перехода, что подтверждается существенным уменьшением вклада форм I и III при одновременном возрастании формы II (рис. 1, 2). Эти изменения вкладов форм триптофанилов указывают на начальную стадию денатурации, так как часть триптофанилов переходит из внутренней гидрофобной области и локализуются на поверхности белковой молекулы в местах, связанных со структурной гидратационной водой. При нагрева-

ни более 50 мин денатурационный процесс усиливается и сопровождается увеличением областей белка, контактирующих со свободной высокоподвижной водой, причем до конца нагрева не наблюдается стабилизации белковой структуры. При температуре 65°C и длительности нагрева 15 мин максимум флуоресценции сдвигается в длинноволновую область на 1,5 нм, одновременно происходит стабилизация ширины спектра, уменьшение вклада тирозина, значительное снижение содержания триптофанилов I формы при одновременном максимальном увеличении количества II формы, а также уменьшение количества триптофанилов III формы (рис. 2). После 40 мин нагревания происходит стабилизация в количестве δ и I форм, падение содержания формы II до ее полного исчезновения и одновременное увеличение с последующей стабилизацией триптофанилов III формы. Все эти данные свидетельствуют о том, что при температуре 65°C в течение всего периода нагревания происходит раскручивание, разрыхление белковой структуры. В первые 15 мин нагрева осуществляется начальная стадия этого процесса, аналогичная той, которая проходит в интервале 40–50 мин нагревания мяса при 60°C, а затем денатурационные изменения интенсифицируются. Это приводит к увеличению числа белковых областей, контактирующих с высокоподвижной водой, что существенно нарушает упорядоченность структуры мясного белка. В процессе нагревания при 70°C картина конформационных изменений белков качественно не изменяется, но процесс денатурации более выражен, о чем свидетельствует появляющееся через 30–40 мин нагревания значительное преобладание в количестве триптофанилов I формы над остатками формы δ на фоне увеличения вклада поверхностной III формы. После 50 мин нагревания структура белка стабилизируется.

Прогрев мяса при 75°C (рис. 1, 2) приводит к развитию структурных перестроек, носящих явно выраженный характер слипания, коагуляции белковых цепей. Об этом свидетельствует наблюдаемыйся по мере нагревания рост вклада в общий спектр триптофанилов δ и I форм. Однако одновременно продолжаются денатурационные изменения белков мяса, что прослеживается на изменении в соотношении II и III поверхностных форм триптофанилов в пользу формы III. Стабилизация белковой структуры в течение всего времени нагревания не наблюдается. Нагревание мяса при температуре 80°C приводит к интенсификации процесса коагуляции мясных белков, как это видно из сдвига максимума флуоресценции в высокочастотную область (~ 5 нм, увеличения вклада триптофанилов δ -формы при одновременном уменьшении количества остатков триптофана I формы (рис. 1). Однако возрастание количества остатков формы III свидетельствует о наличии денатурационного фона, на котором протекает процесс коагуляции. Структура белка стабилизируется через ~ 30 мин нагревания.

В процессе прогрева мяса при 85°C продолжаются коагуляционно-денатурационные изменения белков, которые характеризуются по сравнению с предыдущей температурой более значительным периодом дестабилизации структуры (до 70 минут), отсутствием четко выраженного разграничения между двумя стадиями изменения белковой конформации – слипанием и разрыхлением, а также денатурационным скачком, появляющимся в интервале нагрева 40–50 мин (рис. 1, 2). Таким образом, изменение положения максимума флуоресценции, ширины спектра квантового выхода, вкладов тирозина и четырех форм триптофанилов в процессе нагрева мяса позволяет сделать следующие выводы:

- при температурах (60–85)°C характер денатурационно-коагуляционных изменений белков мяса существенно зависит от длительности нагрева;
- при температурах (65–70)°C происходят только денатурационные изменения белков: раскручивание белковых цепей, большее их обводнение, что приводит к разрыхлению структуры и размягчению мяса;
- при температурах (75–80)°C коагуляционные процессы в белках преобладают над денатурационными, что сопровождается вторичным скручиванием и слипанием белковых цепей и приводят к возрастанию жесткости мяса;
- при температуре 60°C отмечается два процесса: коагуляция при нагреве мяса до 40 мин и денатурация при дальнейшей тепловой обработке;
- нагрев мяса при 85°C сопровождается коагуляционными и денатурационными изменениями мышечных белков без четкого разграничения этих двух стадий.

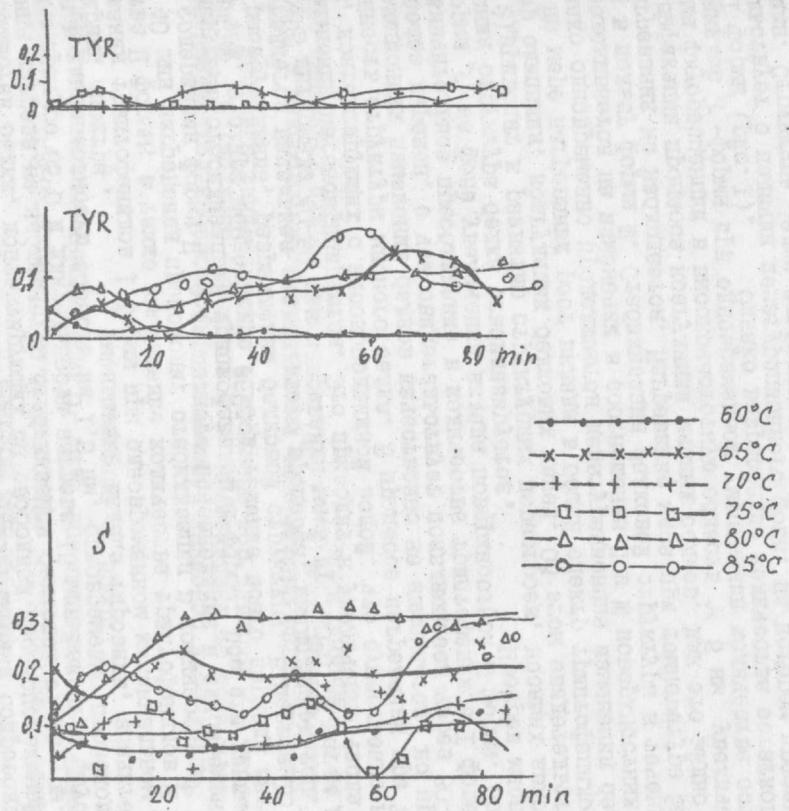


Рис. I

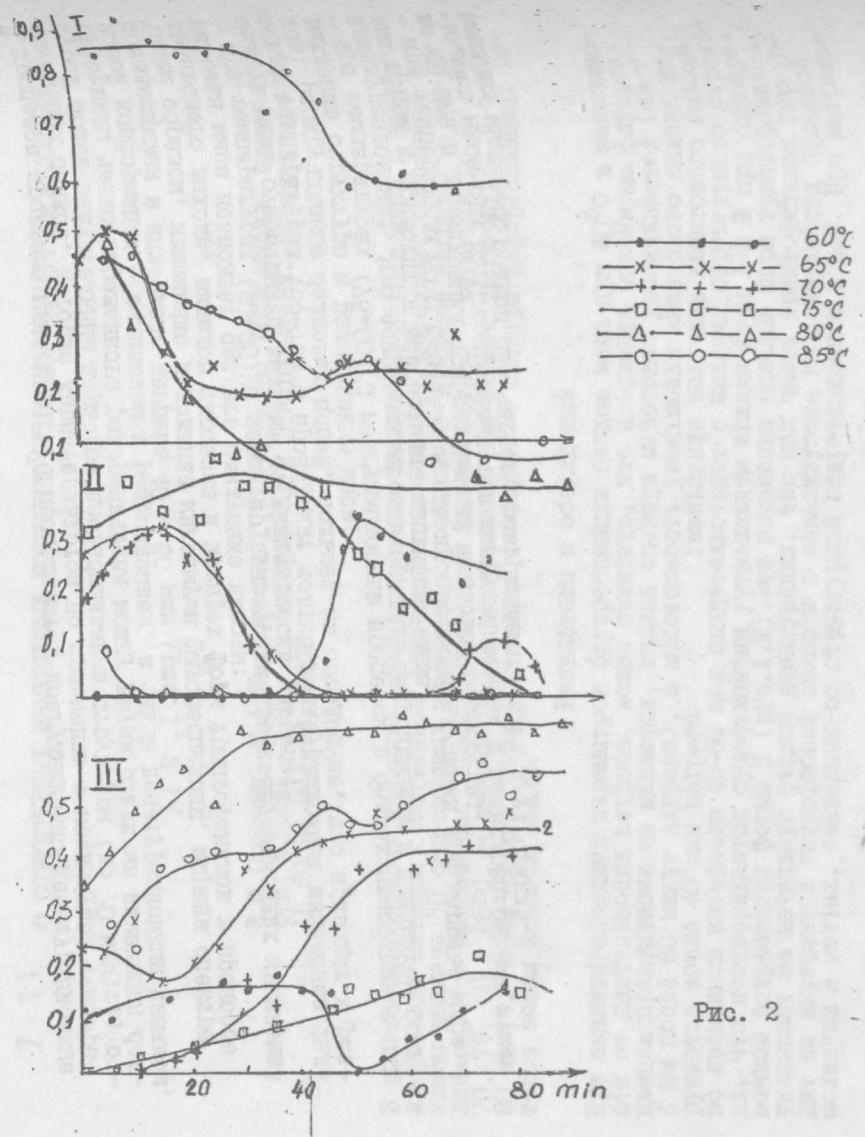


Рис. 2