

УДК 664.002.612:577.112  
ББК 36.94-1:36.819

*Н. Н. Артемьева*

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЫБНЫХ БЕЛКОВЫХ ДОБАВОК

*N. N. Artemieva*

## RESEARCH OF STRUCTURAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF FISH ALBUMINOUS COMPONENTS

Исследуются реологические свойства различных белковых добавок из нетрадиционных источников сырья морского происхождения (мелкие рыбы пониженной товарной ценности, антарктическая креветка, водоросли и др.), используемых для повышения пищевой ценности макаронных изделий. Показано, что изменения указанных свойств обусловлены комбинированным влиянием различных молекулярных механизмов (адгезия, аутогезия, когезия и др.) при взаимодействии сухого скелета рыбных белковых гидролизатов с влагой окружающего воздуха. Установлен характер изменения реологических свойств различных рыбных белковых гидролизатов от уровня активности воды  $A_w$ , а также критические значения  $A_w$ , при которых эти свойства необратимо изменяются.

**Ключевые слова:** рыбный белковый гидролизат (кислотный, ферментативный), структурно-механические характеристики, текучесть, активность воды.

The rheological properties of different albuminous components from non-traditional sources of sea origin raw materials (small-sized fish of the under commodity value, the Antarctic shrimp, algae, etc.), used for the food value of pasta, are studied. It is shown that change of the specified properties are caused by combined influence of different molecular mechanisms (adhesion, autohesion, cohesion, etc.) in case of interaction of dry skeleton of fish albuminous hydrolyzates with air moisture. Nature of rheological properties change of different fish albuminous hydrolyzates from the level of water activity  $A_w$ , and also critical value  $A_w$  according to which these properties are irreversibly changeable, are determined.

**Key words:** fish albuminous hydrolyzate (acid, enzyme), structural and mechanical characteristics, flowability, water activity.

Обоснование рациональных режимов процессов технологической обработки материалов, появление в пищевой промышленности современного высокопроизводительного оборудования требуют определения и изучения их физико-механических свойств. В качестве объекта исследования нами были приняты макаронные изделия, имеющие большое значение в питании человека, поскольку они являются одним из продуктов первой необходимости и пользуются устойчивым спросом. С целью обогащения макаронных изделий белком предлагается использовать добавки животного и растительного происхождения. Рыбный белковый гидролизат (РБГ), полученный кислотным и ферментативным способами, является одной из исследуемых добавок. В качестве исходного сырья предлагается использовать мелкую рыбу (килька, мойва) и криль. Исследование структурно-механических характеристик гидролизатов необходимо, т. к., с нашей точки зрения, эти характеристики оказывают существенное влияние на реологические свойства макаронных изделий, обеспечивающие определенные потребительские характеристики: хрупкость, развариваемость, вкусовые качества.

Поскольку РБГ является гигроскопическим продуктом, то изучение реологических свойств было проведено в зависимости от такого показателя, как активность воды  $A_w$ .

Исследовались следующие параметры:

1. Угол естественного откоса, который определяли с помощью металлического цилиндра без дна по методике Э. Э. Кольмана-Иванова и К. А. Салазкина [1]. Расчет производился по формуле

$$a = \arctg\left(\frac{2h}{d}\right),$$

где  $h$  – высота образующего конуса, м;  $d$  – диаметр основания конуса, м.

2. Текучесть порошков РБГ, которую определяли с помощью конусной стеклянной воронки с углом  $60^\circ$  (в воронку засыпалась навеска порошка в 50 г). Расчет производился по формуле

$$V_T = \frac{m}{t},$$

где  $T$  – масса навески, кг;  $t$  – время истечения порошка, с.

3. Остаточный асимптотический модуль прессования, который также может служить эмпирическим указателем твердости (сжатия) продукта:

$$E_A = \frac{F_0}{A \cdot \varepsilon} (1 - 1K_2),$$

где  $F_0$  – начальное максимальное усилие после нагружения, Н;  $A$  – площадь поперечного сечения образца,  $\text{м}^2$ ;  $\varepsilon$  – относительная деформация при релаксации;  $K_2$  – эмпирическая константа, угол наклона прямой, определяется по методу М. Пелег и М. Мореура (M. Peleg и R. Moreura) [2].

Зависимость угла естественного откоса  $\alpha$  и текучести  $v_t$  от размера частиц  $d_r$  и уровня активности воды  $A_w$  представлена на рис. 1–4. Экспериментальные зависимости показывают, что для всех видов РБГ при уменьшении размера частиц значения угла естественного откоса уменьшаются, а значения текучести увеличиваются. Это обусловлено тем, что по мере уменьшения размеров частиц их общая поверхность увеличивается, в силу чего усиливается влияние поверхностных сил (электрических, ван-дер-ваальсовых, поверхностного напряжения). При этом уменьшается способность частиц к взаимному перемещению, происходит слипание частиц, что приводит к ухудшению их текучести [3].

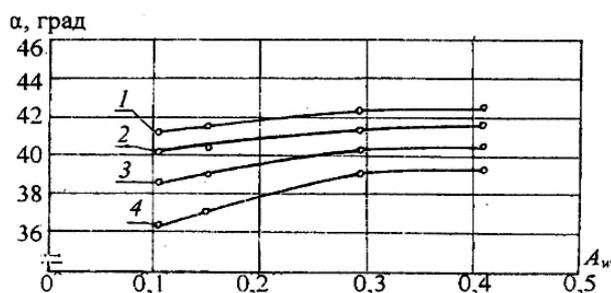


Рис. 1. Зависимость угла естественного откоса  $\alpha$  кислотных РБГ из криля от  $d_r$  и  $A_w$ :  
1 –  $3 \cdot 10^{-3}$  м; 2 –  $2 \cdot 10^{-3}$  м; 3 –  $1 \cdot 10^{-3}$  м; 4 –  $0,5 \cdot 10^{-3}$  м

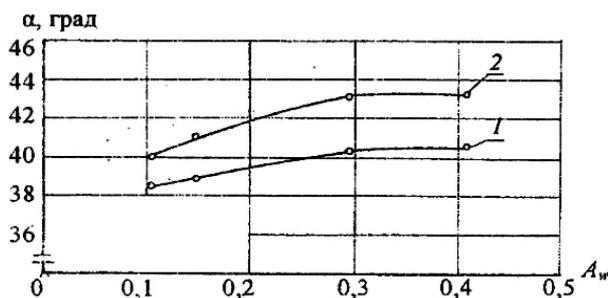


Рис. 2. Зависимость угла естественного откоса  $\alpha$  РБГ из криля ( $d_r = 1 \cdot 10^{-3}$  м) от  $A_w$ : 1 – кислотный РБГ; 2 – ферментативный РБГ

Если зависимость  $\alpha$  и  $V$  от  $d_r$  определяется однозначно для всех видов исследуемых РБГ, то влияние  $A_w$  на эти параметры значительно сложнее. Здесь влияние оказывают способ получения гидролизатов и видовой состав сырья. Из рис. 2, 3 видно, что с повышением уровня  $A_w$  угол естественного откоса  $\alpha$  для всех видов РБГ увеличивается до некоторого значения  $A_w$  (конкретного для каждого вида РБГ), а в дальнейшем остается практически на одном уровне. У кислотных РБГ скорость нарастания этих изменений значительно ниже, чем у ферментативных. С увеличением размера частиц до 0,002–0,003 м увеличение угла естественного откоса  $\alpha$  выражено неярко. Наибольшие изменения наблюдаются у ферментативных гидролизатов из мойвы (рис. 3). У кислотных гидролизатов в зависимости от вида сырья явных различий не наблюдается.

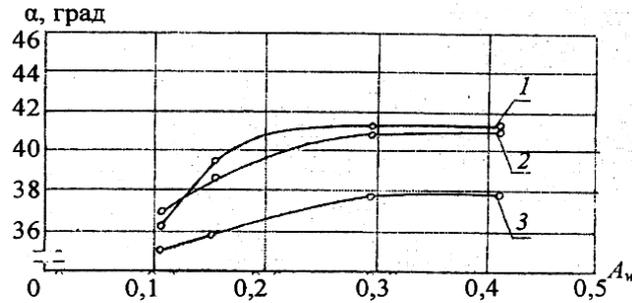


Рис. 3. Зависимость угла естественного откоса  $\alpha$  ферментативных РБГ ( $d_r = 0,5 \cdot 10^{-3}$  м) от  $A_w$ :  
1 – РБГ из кольки; 2 – РБГ из крыля; 3 – РБГ из мойвы

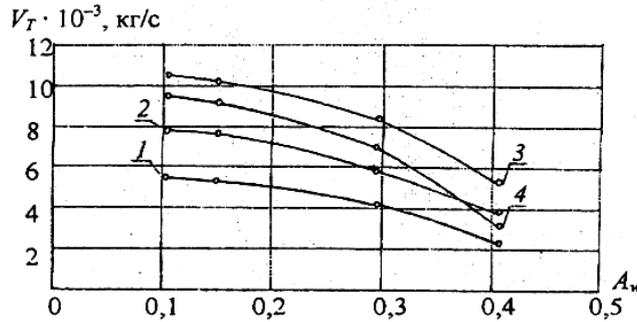


Рис. 4. Зависимость текучести  $V_T$  ферментативных РБГ из кольки от  $d_r$  и  $A_w$ :  
1 –  $3 \cdot 10^{-3}$  м; 2 –  $2 \cdot 10^{-3}$  м; 3 –  $1 \cdot 10^{-3}$  м; 4 –  $0,5 \cdot 10^{-3}$  м

Текучесть порошков РБГ уменьшается с повышением  $A_w$ , при этом у кислотных гидролизатов это уменьшение происходит постепенно, в то время как у ферментативных наблюдается довольно резкое изменение этого параметра (рис. 5).

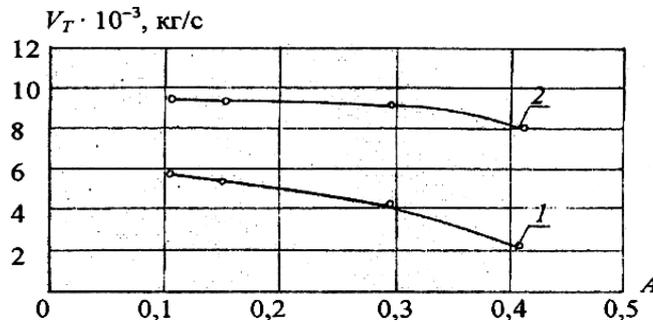


Рис. 5. Зависимость текучести  $V_T$  РБГ из кольки ( $d_r = 3 \cdot 10^{-3}$  м) от  $A_w$ :  
1 – ферментативный РБГ; 2 – кислотный РБГ

При уменьшении размеров частиц до  $0,0005-0,001$  м эти изменения проявляются в большей степени. Это, очевидно, связано с увеличением преобладающего влияния поверхностных сил, обусловленных поверхностным натяжением пленок адсорбированной влаги. При дальнейшем повышении уровня  $A_w$  начинают действовать пленочные эффекты, усиливающие аутогезионные взаимодействия, что приводит в конечном итоге к полной потере сыпучести. Из ферментативных гидролизатов наибольшее уменьшение текучести при увеличении  $A_w$  характерно для РБГ из кольки, а наименьшее – из мойвы (рис. 6). Видовой состав сырья кислотных гидролизатов практически не обеспечивает различий в их текучести.

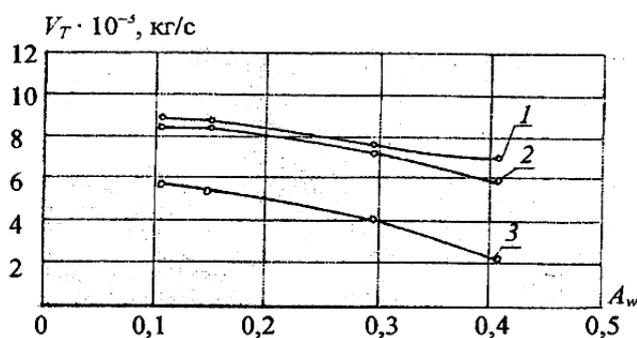


Рис. 6. Зависимость текучести  $V_T$  ферментативных РБГ ( $d_r = 3 \cdot 10^{-3}$  м) от  $A_w$ :  
1 – РБГ из мойвы; 2 – РБГ из криля; 3 – РБГ из кильки

Твердость материала характеризуется остаточным асимптотическим модулем после релаксации  $E_A$ . Как показали исследования, он зависит от  $d_r$  и  $A_w$ . Установлено, что с увеличением размеров частиц от 0,0005 м остаточный асимптотический модуль  $E_A$  уменьшается. Это свидетельствует о снижении твердости материала, а следовательно, о повышении его прессуемости. Для всех рассматриваемых РБГ повышение уровня  $A_w$  выше некоторого значения влечет за собой резкое уменьшение остаточного асимптотического модуля  $E_A$ .

Сравнительный анализ зависимостей  $E_A$  ( $A_w$ ) (рис. 7) показывает, что у ферментативных РБГ в зависимости от вида сырья наблюдаются следующие закономерности:

- для мойвы характерно самое высокое значение  $E_A$ , следовательно, наибольшая твердость и наименьшая степень его изменения в зависимости от  $A_w$ ;
- для кильки значение  $E_A$  наименьшее и наибольшая степень изменения в зависимости от  $A_w$ ;
- для криля значение  $E_A$  промежуточное.

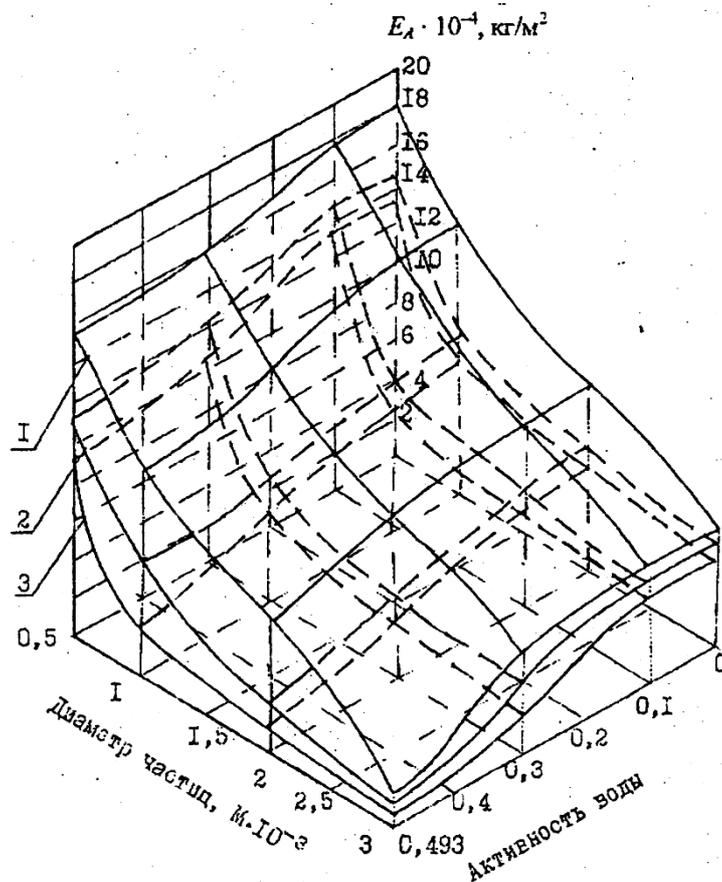


Рис. 7. Зависимость остаточного асимптотического модуля  $E_A$  ферментативного РБГ от  $d_r$  и  $A_w$ : 1 – РБГ из мойвы; 2 – РБГ из криля; 3 – РБГ из кильки

Отмеченные особенности объясняются выявленными ранее различиями в их гигроскопичности и характеристиками сырья. Полученные данные предполагается использовать при дальнейшем исследовании структурно-механических характеристик макаронных изделий с рыбными белковыми добавками.

#### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. Романенко Ю. В., Мучкина Н. С., Кацерикова Н. В. Реологические, теплофизические и физикохимические свойства сливочных кремов с пищевыми добавками // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 11. – С. 38–41.
2. Арет В. А. Реологические основы расчета оборудования производства жиросодержащих пищевых продуктов. – СПб.: СПбГУН и ПТ, 2004. – 344 с.
3. Чистяков И. Д. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. Ч. 2. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции мукомольно-крупяного, масличного и комбикормового производства: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Дон. гос. ун-т пищ. производств, 2000. – 90 с.

Статья поступила в редакцию 28.03.2012

#### *ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ*

**Артемьева Наталья Николаевна** – Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры «Технологические машины и оборудование»; kostia\_artemiev@mail.ru.

**Artemieva Natalia Nickolaevna** – Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department "Technological Machines and Machinery"; kostia\_artemiev@mail.ru.