

УДК 677.46:081.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАБУХАНИЯ ЖМЫХА ЗАРОДЫШЕЙ ПШЕНИЦЫ

**Алексеева Т.В., Загорулько Е.А., Родионова Н.С., Корыстин М.И.,
Иванников А.В., Зяблов М.М.**

*ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
Воронеж, e-mail: zyablova@mail.ru*

Исследован процесс набухания жмыха зародышей пшеницы. Жмых зародышей пшеницы обладает высокой пищевой и биологической ценностью, его свойства изучены недостаточно. Целью работы являлось изучение способности жмыха пшеничных зародышей к набуханию с целью его введения в мясорастительные фаршевые системы. В работе использовали жмых, полученный из зародышей пшеницы путем механического прессования. Изучено влияние рН растворителя на процесс набухания продукта. Измерены интегральные теплоты набухания, предельная степень набухания, константа скорости набухания, содержание свободной и связанной воды, сорбированной высокомолекулярными веществами жмыха зародышей пшеницы на стадии гидратации. Установлена доля компонентов жмыха пшеничных зародышей, набухающих ограниченно. Полученные данные позволяют сделать заключение, что жмых зародышей пшеницы обладает свойствами, позволяющими его применять в качестве компонента в рецептурах мясорастительных полуфабрикатов, фаршей для котлет, паштетов, кнелей, суфле и иных изделий из рубленой массы.

Ключевые слова: жмых зародышей пшеницы, степень и скорость набухания, связанная и свободная вода

STUDY OF THE SWELLING PROCESS OF WHEAT GERMS CAKE

**Alekseeva T.V., Zagorulko E.A., Rodionova N.S., Korystin M.I.,
Ivannikov A.V., Zyablov M.M.**

*FSBEI HPE «Voronezh State University of Engineering Technologies»,
Voronezh, e-mail: zyablova@mail.ru*

The process of swelling of the wheat germs cake was studied. The wheat germs cake has a high nutritional and biological value, yet its properties are poorly examined. The objective of the research was to study the swelling ability of the wheat germs cake with the purpose of its introduction in minced meat and vegetable formulations. In the research the cake obtained from wheat germs by mechanical pressing was used. The influence of PH solvent on the swelling process of the product was studied. The integral heat parameters of swelling, the maximum swelling degree, the constant of the swelling rate, the content of free and bound water adsorbed by macromolecular substances of the wheat germs cake at the stage of hydration were measured. The proportion of the wheat germs cake components swelling limitedly was determined. The data obtained allow to make a conclusion that the wheat germs cake has properties that allow it to be used as a component in the formulations of meat and vegetable mixes for semi-finished products, minced meat for cutlets, pâté, dumplings, soufflé and other products from the ground meat.

Keywords: wheat germs cake, the degree and rate of swelling, bound and free water

Жмых зародышей пшеницы (ЖЗП) образуется после извлечения из них масла методом холодного прессования и поэтому практически полностью сохраняет биологически активные вещества исходных зародышей пшеницы. Он богат белками, углеводами, витаминами, макро- и микроэлементами и является важным сырьевым источником, повышающим пищевую и биологическую ценность продуктов питания.

Помимо функциональных свойств ЖЗП благодаря содержанию в нем гидрофильных высокомолекулярных соединений, в частности, белков и клетчатки, обладает и важными технологическими свойствами, такими как водосвязывающая способность и набухание, что способствует улучшению структурно-механических свойств полуфабрикатов и потребительских свойств готовых изделий. Так, использование ЖЗП в производстве мясорастительных изделий позволит улучшить процесс их формовки,

уменьшить потери при жарке, сохранить сочность, повысит их пищевую и биологическую ценность. Все вышесказанное создает предпосылки для применения ЖЗП в качестве компонента при производстве мясорастительных полуфабрикатов, фаршей для котлет, паштетов, кнелей, суфле или иных изделий из рубленой массы.

Процесс набухания зависит от природы высокомолекулярного соединения (ВМС), температуры, состава и рН поглощаемой жидкости и может протекать ограниченно и неограниченно. Характер протекания процесса оказывает влияние на качественные показатели полуфабрикатов и готовых изделий. Поэтому важно знать и правильно использовать особенности набухания ЖЗП при различных условиях протекания процесса.

Цель исследования – изучение процесса набухания ЖЗП при различных показателях рН среды, определение доли свободной и связанной воды в набухшем жмыхе.

Материалы и методы исследования

В исследованиях использован ЖЗП, полученный после отжима масла зародышей пшеницы путем механического прессования [6]. Компонентный состав его представлен в табл. 1.

Таблица 1
Содержание основных компонентов в жмыхе зародышей пшеницы

Наименование показателя	Содержание, % масс. (в пересчете на а.с.в.)
Массовая доля сырого жира	8,0
Массовая доля золы	4,3
Массовая доля углеводов	47,0
Массовая доля сырого протеина	33,8
Массовая доля сырой клетчатки	1,9

Из табл. 1 видно, что жмых зародышей пшеницы – многокомпонентная система, в которой способностью к набуханию обладают, главным образом, белки и клетчатка. Белковая фракция представлена преимущественно альбуминами, глобулинами, проламинами и глютелинами [1]. Альбумины хорошо растворяются в воде и солевых растворах. Поэтому набухание для них является первой стадией растворения (неограниченное набухание). Остальные белки зародышей пшеницы в воде нерастворимы: проламины растворяются в 60–80%-м этиловом спирте, глютелины – в разбавленных растворах щелочей, глобулины – в водных растворах нейтральных солей [5, 7]. Поскольку количественные характеристики набухания (предельную степень и константу скорости) можно определить только при ограниченном набухании высокомолекулярных веществ, для проведения исследований была выделена фракция компонентов жмыха, нерастворимых в воде. Ее доля в общем содержании сухих веществ жмыха составила 50,2%. Для ее определения исходный жмых высушивали до постоянной массы (массу фиксировали), затем тщательно промывали большим количеством воды и снова высушивали до постоянной массы. С целью исключения влияния размера частиц продукта на характеристики набухания было выполнено измельчение ЖЗП до размера частиц 0,8–1,0 мм.

В качестве рабочих растворов были использованы дистиллированная вода (измеренное значение рН 4,50); буферные растворы с рН 1,65; 3,56; 4,01; 6,86; 8,68; 9,72.

Исследование кинетики набухания ЖЗП проводили в набухомере по методике, изложенной в [2]. В ходе эксперимента определяли объем поглощенной жидкости $V_{ж}$ при каждом контакте ЖЗП с рабочим раствором. Для получения кинетической кривой набухания процесс проводили в несколько стадий продолжительностью 1–3 мин каждая. Суммарное время контакта рассчитывали суммированием времени каждой стадии. Эксперимент завершали при достижении постоянных значений $V_{ж}$. Экспериментальные исследования проводили при температуре 20 °С.

Количество гидратированной воды в ЖЗП определяли измерением теплоты набухания по методике, предложенной А.В. Думанским и Е.Ф. Некряч [3].

Присоединение первых порций воды к полярным группам ВМС (первая стадия набухания – гидратация) происходит как слабая экзотермическая реакция, тепловой эффект которой тем выше, чем сильнее выражены гидрофильные свойства вещества; дополнительные порции воды сорбируются без какого-либо ощутимого выделения энергии. Массу воды $m_{г.в.}$, связываемой единицей массы ВМС, можно определить, если известна энергия перехода единицы массы воды из свободного в связанное состояние (по данным А.В. Думанского и Е.Ф. Некряч, для большинства ВМС она составляет 334,4 Дж/г) и удельная теплота набухания ΔH :

$$m_{г.в.} = \frac{\Delta H}{334,4} \quad (1)$$

Теплоту набухания определяли в калориметре, совмещенном с персональным компьютером и позволяющем фиксировать изменение температуры при протекании процесса с точностью $\pm 0,001$ °С, по методике, изложенной в [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Количественной характеристикой набухания является степень набухания i – величина, показывающая относительное увеличение массы ВМС при набухании:

$$i = \frac{m - m_0}{m_0} = \frac{m_{ж.}}{m_0} \quad (2)$$

где m_0 , m – масса сухого и набухшего вещества; $m_{ж.}$ – масса поглощенной жидкости.

Полученные кинетические кривые (рис. 1) указывают на ограниченный характер набухания водонерастворимой фракции ЖЗП во всех исследуемых растворах: степень набухания i достигает предельного при данных условиях проведения процесса значения i_{max} и далее не меняется. Возможно, имеет место частичное растворение определенных компонентов, то есть их неограниченное набухание в каких-либо средах, но это не отражается сколь-нибудь заметно на общем характере процесса.

Кинетика ограниченного набухания идет по механизму реакции первого порядка [7, 8]:

$$\frac{di}{d\tau} = k(i_{max} - i) \quad (3)$$

где $di/d\tau$ – скорость набухания (изменение степени набухания в единицу времени); k – константа скорости набухания; i , i_{max} – текущая (за время τ) и предельная степени набухания.

Решение уравнения (3) для константы скорости набухания имеет вид:

$$k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{i_{max}}{i_{max} - i} \quad (4)$$

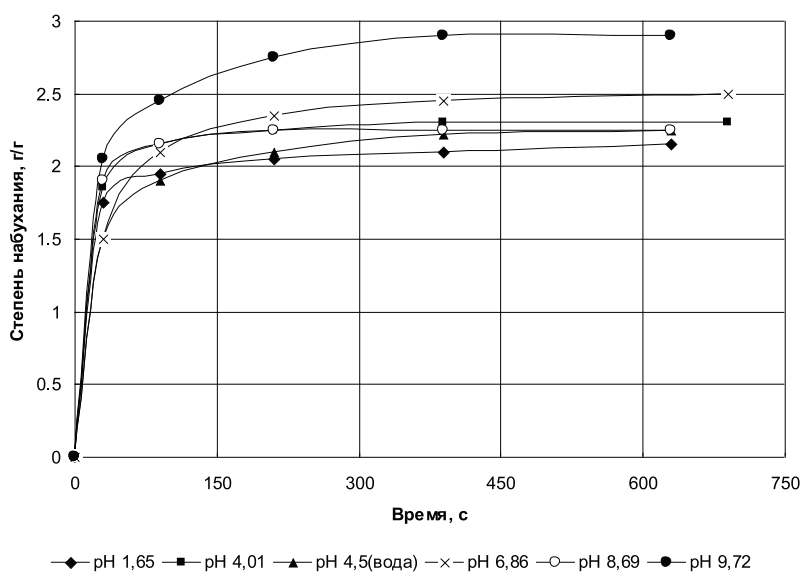


Рис. 1. Кинетические кривые набухания жмыха зародышей пшеницы в буферных растворах с различным показателем pH при 20°C

В работе определены предельная степень и константа скорости набухания ЖЗП в растворах с различным показателем pH (рис. 2).

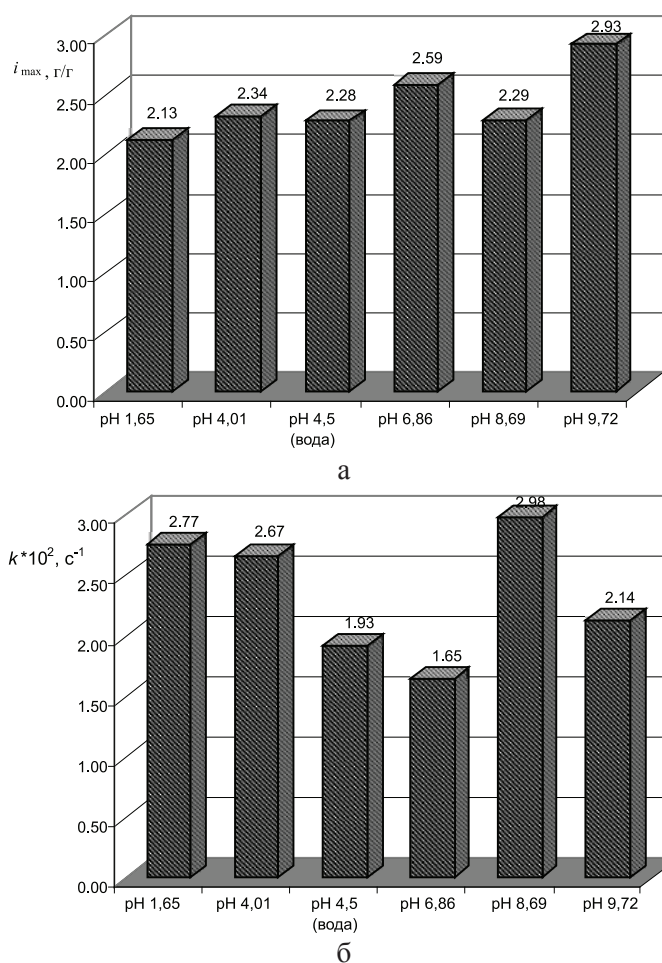


Рис. 2. Предельная степень (а) и константа скорости (б) набухания ЖЗП в растворах с различным показателем pH при 20°C

Кислотность среды влияет главным образом на набухание полиамфолитов, каковыми являются белки, составляющие большую часть набухающих компонентов ЖЗП. В зависимости от рН среды белковые макромолекулы принимают различные конформации. Минимальная степень набухания белка соответствует его изоэлектрической точке (ИЭТ), при которой устанавливается равенство положительных и отрицательных зарядов в макромолекуле, и она сворачивается в клубок или глобулу, что затрудняет проникновение молекул растворителя внутрь матрицы ВМС. Согласно данным, белки зародышей пшеницы имеют индивидуальную ИЭТ: альбумин – 8,0; глобулин – 5,5; проламин – 3,3; глютелин – 4,8 [1]. Ивановой М.Ф. дана сравнительная оценка водопоглотительной способности (ВПС) перечисленных белков: максимальна она у глотелина – его ВПС более чем в 5 раз превышает ВПС глобулина [1].

Исследования показали, что максимальное значение предельной степени набухания ($i_{\max} = 2,98$) наблюдается при рН 9,72, наиболее удаленном от ИЭТ всех белков ЖЗП. Относительно невысокие значения i_{\max} при рН 4,01 и 4,5 можно объяснить близостью ИЭТ глотелина к этим значениям,

а именно глютелин, по данным [1], обладает наибольшей водопоглотительной способностью. В сильно кислой среде степень ионизации аминогруппы снижается, различие в количествах положительных и отрицательных зарядов сокращается, макромолекула сворачивается в клубок, степень набухания уменьшается, что и подтверждено экспериментально (рН 1,65). Сравнение значений константы скорости набухания показало, что максимальная скорость набухания наблюдается при рН 8,69, чуть ниже она при рН 1,65 и 4,01.

В работе измерены интегральные удельные теплоты набухания ΔH набухающей фракции ЖЗП и рассчитана масса воды $m_{г.в.}$, сорбированной высокомолекулярными веществами жмыха на стадии гидратации, установлена ее доля $x_{г.в.}$ в общей массе поглощенной жидкости (табл. 2). Гидратная вода прочно удерживается веществом и обладает особыми свойствами: низкой температурой замерзания, высокой энтальпией парообразования, высокой вязкостью, низкой растворимостью в ней веществ. Ее повышенное содержание обеспечивает лучшую хранимоспособность продукта и его потребительские свойства.

Таблица 2

Теплота набухания и масса гидратной воды в набувшем ЖЗП

рН среды	1,65	4,01	4,5 (вода)	6,86	8,69	9,73
$-\Delta H$, Дж/г	72,5	54,0	56,9	50,4	43,1	63,0
$m_{г.в.}$, г H ₂ O/г ВМС	0,19	0,16	0,17	0,15	0,13	0,19
$x_{г.в.}$, %	8,9	6,9	7,5	5,8	5,6	6,4

Зависимость $m_{г.в.}$ от рН среды практически повторяет аналогичную зависимость для i_{\max} . Исключение составляет рН 1,65: при минимальном значении i_{\max} масса гидратной воды максимальна. Возможно, это связано с протеканием каких-либо дополнительных процессов помимо образования связей между молекулами воды и полярными группами ВМС, которые сопровождаются своими тепловыми эффектами, влияющими на общее значение ΔH .

Выводы

1. В сухом веществе жмыха зародышей пшеницы содержится 50,2% веществ, ограниченно набухающих в водных растворах.
2. В исследованном диапазоне рН степень набухания ЖЗП максимальна при рН 9,72, минимальна при рН 1,65.
3. Скорость набухания ЖЗП достаточно велика. Время установления равновесия составляет приблизительно 7–10 мин.

4. При рН 9,72 масса гидратной воды, содержащейся в единице массы ВМС, также как и предельная степень набухания максимальна; в общей массе поглощенной жидкости наибольшее содержание гидратной воды установлено при рН 4,5 (дистиллированной воде). При рН 1,65 отмечено несоответствие между i_{\max} и $m_{г.в.}$.

5. Полученные данные позволяют сделать заключение, что ЖЗП обладает свойствами, позволяющими его применять в качестве компонента в рецептурах мясорастительных полуфабрикатов, фаршей и других изделий из рубленой массы.

Список литературы

1. Иванова М.Ф. Товароведная оценка белков муки зародышей пшеницы и использование лейкозина в производстве мучных кондитерских изделий и соусов для общественного питания: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2011 – 20 с.

2. Корниенко Т.С. Лабораторный практикум по коллоидной химии / Т.С. Корниенко, С.И. Гаршина, Т.В. Мастоюкова. – Воронеж: ВГТА, 2001. – 176 с.

3. Некряч Е.Ф. Теплоты смачивания и гидрофильность некоторых высокомолекулярных соединений: автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Киев, 1954 – 18 с.

4. Лабораторный практикум по физической химии / Н.М. Подгорнова, Т.С. Корниенко, С.И. Гаршина и др. – Воронеж: ВГТА, 2005. – 188 с.

5. Химия пищи. Белки: структура, функции, роль в питании / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко, Н.А. Жеребцов. – М.: Колос, 2000. – 384 с.

6. ТУ 9295-014-18062042-06. Мука зародышей пшеницы пищевого назначения «ВИТАЗАР», 10.07.2006.

7. Тугов И.И. Химия и физика полимеров / И.И. Тугов, Г.И. Кострыкина. – М.: Химия, 1989. – 432 с.

8. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – СПб.: Химия, 1995. – 394 с.

References

1. Ivanova M.F. Tovarovednaya otsenka belkov muki zarodyshey pshenitsyi ispolzovaniye leykozina v proizvodstve muchnyh konditerskih izdeliy i sousov dlya obschestvennogo pitaniya [Commodity assessment of protein of wheat germs flour and the use of leucosin in the production of flour confectionery and pasta sauces for public catering]. The abstract of the thesis for the Candidate of Technical Sciences. Moscow, 2011. 20 p.

2. Kornienko T.S. Laboratornyi praktikum po kolloidnoy himii [Laboratory of colloid chemistry]. Voronezh: VSTA, 2001. 176 p.

3. Nekryatch E.F. Teploty smachivaniya i gidrofil'nost' nekotoryh vysokomolekul'arnykh soyedineniy [Heat wetting

and hydrophilicity of some high-molecular compounds]. The abstract of the thesis for the Candidate of Chemical Sciences. Kiev, 1954. 18 p.

4. Podgornova N.M. Laboratornyi praktikum po fizicheskoy himii [Laboratory of physical chemistry]. Voronezh: VSTA, 2005. 188 p.

5. Rogov I.A., Antipova L.V., Dunchenko N.I., Zherebtsov N.A. Himiyapishchi. Belki: struktura, funktsii, rol' v pitanii [Chemistry of food. Proteins: structure, functions, role in the nutrition]. M.: Kolos, 2000. 384 p.

6. ТУ 9295-014-18062042-06. Мука зародышей пшеницы пищевого назначения «ВИТАЗАР» [Flour of wheat germs for food «VITAZAR»], 10.07.2006.

7. Tugov I.I., Kostrykina G.I. Himiya i fizika polimerov [Chemistry and physics of polymers]. M.: Chemistry, 1989. 432 p.

8. Fridrihsberg D.A. Kurs kolloidnoy himii [Course of colloid chemistry]. St. Petersburg: Chemistry, 1995. 394 p.

Рецензенты:

Сунцов Ю.К., д.х.н., профессор кафедры физической и аналитической химии, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж;

Глотова И.А. д.т.н., доцент, зав. кафедрой технологии переработки животноводческой продукции, ФГБОУ ВПО «Воронежский аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж.

Работа поступила в редакцию 03.06.2013.