

УДК 641.05

Профессор Л.Э. Глаголева, соискатель И.В. Коротких
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра туризма и гостиничного дела.
тел. (473)255-10-76
E-mail: sapfire89@rambler.ru

Professor L.E. Glagoleva, applicant I.V. Korotkikh
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of tourism and hospitality
management. phone (473)255-10-76
E-mail: sapfire89@rambler.ru

Исследование влияния условий процесса и свойств среды на кинетику процесса набухания хлопьев зеленой гречки

Investigation of the influence of process conditions and properties of the medium on the kinetics of the swelling of green buckwheat flakes

Реферат. Рассмотрен химический состав хлопьев зеленой гречки, особенности набухания хлопьев при различных условиях протекания процесса. Процесс набухания зависит от природы высокомолекулярного соединения, температуры, состава и pH поглощаемой жидкости и может протекать ограниченно и неограниченно. При ограниченном набухании степень набухания достигает предельного значения и больше не изменяется. В результате ограниченного набухания образуется студень. Если предельное значение степени набухания при дальнейшем контакте высокомолекулярного соединения и растворителя уменьшается, то происходит неограниченное набухание. В этом случае набухание является первой стадией растворения. Неограниченно набухают полимеры со слабыми межмолекулярными связями. Характер протекания процесса оказывает влияние на качественные показатели полуфабрикатов и продуктов. Полученные кинетические кривые указывают на ограниченный характер набухания основных компонентов хлопьев зеленой гречки во всех исследуемых растворах. В щелочной области pH имело место частичное растворение определенных компонентов, но на общем характере процесса это заметно не отразилось. В работе определены предельная степень и константа скорости набухания хлопьев зеленой гречки в растворах с различным показателем pH. Для количественной оценки предельной степени и константы скорости набухания высокомолекулярного соединения при различных условиях проведения процесса (вида растворителя, температуры, pH среды) определяем степень набухания через заданные промежутки времени и строим кинетическую кривую набухания. Кислотность среды влияет, главным образом, на набухание полиамфолитов, каковыми являются белки, составляющие большую часть набухающих компонентов хлопьев зеленой гречки. В зависимости от pH среды белковые макромолекулы принимают различные конформации. Минимальная степень набухания белка соответствует его изоэлектрической точке, при которой устанавливается равенство положительных и отрицательных зарядов в макромолекуле и она сворачивается в клубок или глобулу, что затрудняет проникновение молекул растворителя внутрь матрицы высокомолекулярного соединения. Сравнение значений константы скорости набухания позволило определить максимальную скорость набухания. В работе измерены интегральные удельные теплоты набухания набухающей фракции хлопьев зеленой гречки и рассчитана масса воды, сорбированной высокомолекулярными веществами на стадии гидратации, установлена ее доля в общей массе поглощенной жидкости.

Summary. The chemical composition of green buckwheat flakes, especially swelling of the flakes at different process conditions. The process of swelling depends on the nature of the high molecular compound, temperature, composition and pH of the absorbing liquid and can flow unrestricted and restricted. With a limited degree of swelling of the swelling reaches the limit and is no longer changing. As a result of limited swelling formed jelly. If the limit value of the degree of swelling in contact with a further high-molecular compound and a solvent is reduced, there is an unlimited swelling. In this case, the swelling of the first stage of dissolution. Unlimited swell polymers with weak intermolecular bonds. Character of the process has an impact on quality indicators and semi-finished products. The resulting kinetic curves indicate limited swelling main components of green buckwheat flakes in all test solutions. In the alkaline pH range, partial dissolution occurred certain components, but the general nature of the process is not appreciably affected. The paper identified the maximum degree and the rate constant swelling green buckwheat flakes in solutions with different pH. To quantify the extent and limit of the rate constant swelling high-molecular compound at different process conditions (type of solvent, temperature, pH) determine the degree of swelling at specified intervals and construct the kinetic curve swelling. The acidity of the medium affects mainly on swelling polyampholytes, which are the proteins that make up most of the swell components flakes green buckwheat. Depending on the pH of the protein macromolecule adopt different conformations. The minimum degree of swelling of the protein corresponds to its isoelectric point at which stipulates equality of positive and negative charges in the macromolecule and it rolled into a ball or globule, which hinders the penetration of solvent molecules into the matrix of high-molecular compound. Comparison of the rate constant swelling possible to determine the maximum rate of swelling. In this paper we measured the specific heat integral swelling swelling fraction flakes green buckwheat and calculated mass of water adsorbed macromolecular substances on the hydration step, set its share in the total mass of liquid absorbed.

Ключевые слова: хлопья зеленой гречки, процесс набухания, предельная степень и константа скорости набухания, гидратная вода.

Keywords: green buckwheat flakes, the swelling process, limiting the extent and the rate constant of swelling water of hydration.

© Глаголева Л.Э., Коротких И.В., 2015

Хлопья зеленой гречки (ХЗГ) – многокомпонентная система, в которой способностью к набуханию обладают, главным образом, белки, крахмал и клетчатка.

ХЗГ богаты белками, углеводами, витаминами, макро- и микроэлементами и являются важным сырьевым источником, повышающим пищевую и биологическую ценность продуктов питания.

Содержание белка ХЗГ варьируется в пределах 13-15 %. Белковая фракция представлена альбумином 18,2 %, глобулином 43,3 %, проламином 0,8 %, глютелином 22,7 % и 5,0 % других биологически активных компонентов. Альбумины хорошо растворяются в воде и солевых растворах. Поэтому набухание для них, особенно при повышенных температурах, является первой стадией растворения (неограниченное набухание). Глобулины в воде нерастворимы, но растворимы в водных растворах нейтральных солей.

Состав основных аминокислот ХЗГ (г/100г белка) представлен в таблице 1.

Зеленая гречка содержит много флавоноидов, известных своей эффективностью в снижении уровня холестерина в крови и предотвращении высокого кровяного давления. Выделен состав флавоноидов хлопьев зеленой гречки: рутин, кверцетин, ориентин, витексин, изовитексин, изоориентин. В состав ХЗГ входят следующие аминокислоты, %: лизин (5,1), метионин (1,9), цистин (2,2), треонин (3,5), валин (4,7), изолейцин (3,5), лейцин (6,1), фенилаланин (4,2), гистидин (2,2), триптофан (1,6).

Также особое внимание привлекает уникальный состав углеводов ХЗГ из-за содержания в них хироинозитола. Доказано, что это растительное вещество способно снизить уровень глюкозы в крови и активизировать инсулин.

Общее содержание пищевых волокон в семени зеленой гречки составляет 5-11 %. Основными компонентами пищевых волокон является целлюлоза, некрахмальные полисахариды, представленные глюкуроновой кислотой, маннозой, арабинозой, галактозой, глюкозой, и лигнаны. Зеленая гречка находится на 3 месте, среди многих зерновых культур по количеству вырабатываемых лигнанов. Эти растительные компоненты действуют как гормоны, как фитоэстрогены. В свою очередь клетчатка делится на растворимую и не растворимую. В ХЗГ преобладает растворимая клетчатка [1, 2, 3].

Помимо функциональных свойств ХЗГ, благодаря содержанию в них гидрофильных высокомолекулярных соединений, в частности

белков, крахмала и клетчатки, обладают и важными технологическими свойствами, такими как водосвязывающая способность и набухание, что способствует улучшению структурно-механических свойств разрабатываемых пищевых систем и потребительских свойств готовых продуктов. Все вышесказанное создает предпосылки для применения ХЗГ в качестве добавки в производстве многих продуктов питания [3].

Процесс набухания зависит от природы высокомолекулярного соединения (ВМС), температуры, состава и pH поглощаемой жидкости и может протекать ограниченно и неограниченно. Характер протекания процесса оказывает влияние на качественные показатели полуфабрикатов и продуктов. Поэтому важно знать особенности набухания ХЗГ при различных условиях протекания процесса [4].

Цель работы – исследование процесса набухания хлопьев зеленой гречки при различных показателях pH среды, определение доли свободной и связанной воды в набухших ХЗГ.

В качестве рабочих растворов использованы:

– дистиллированная вода (измеренное значение pH 5,86);

– модельные растворы с различным показателем pH, приготовленные из растворов HCl и NaOH (значение pH контролировали).

Исследование кинетики набухания хлопьев зеленой гречки проводили в специальном приборе – набухомере, по методике, изложенной в [5], при температуре 20 °С.

Количество гидратированной воды в ХЗГ определяли измерением теплоты набухания по методике, предложенной А.В. Думанским и Е.Ф. Некряч [8]. 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 $\pm 0,001$ °C по методике, изложенной в [6].

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

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

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

Полученные кинетические кривые (рисунок 1) указывают на ограниченный характер набухания основных компонентов ХЗГ во всех исследуемых растворах: степень набухания i достигает предельного при данных условиях проведения процесса значения i_{max} и далее не меняется. В щелочной области pH имело место частичное растворение определенных компонентов, о чем свидетельствовало помутнение рабочего раствора, но на общем характере процесса это заметно не отразилось.

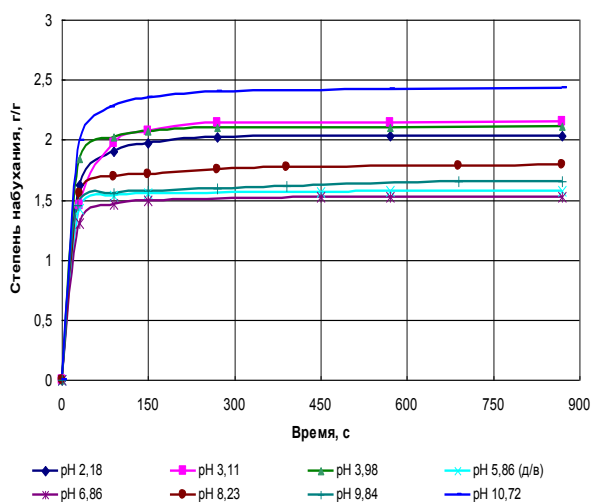


Рисунок 1. Кинетические кривые набухания хлопьев зеленой гречки в модельных растворах с различным показателем pH при 20 °C

Кинетика ограниченного набухания идет по механизму реакции первого порядка [4]:

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

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:

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

В работе определены предельная степень и константа скорости набухания ХЗГ в растворах с различным показателем pH (рисунок 1). Кислотность среды влияет, главным образом, на набухание полиамфолитов, каковыми являются белки, составляющие большую часть набухающих компонентов ХЗГ. В зависимости от pH 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 [3], альбумины и глобулины имеют индивидуальную ИЭТ: альбумин – 8,0; глобулин – 5,5. Исследования показали, что минимальные значения предельной степени набухания наблюдаются при pH 5,86, близком к ИЭТ глобулина. Относительно невысокие значения предельной степени набухания наблюдаются и при pH 8,23 и 9,84, близких к ИЭТ альбумина.

Сравнение значений константы скорости набухания (рисунок 2) показало, что максимальная скорость набухания наблюдается при pH 3,98, чуть ниже она при pH 5,86 и 8,23.

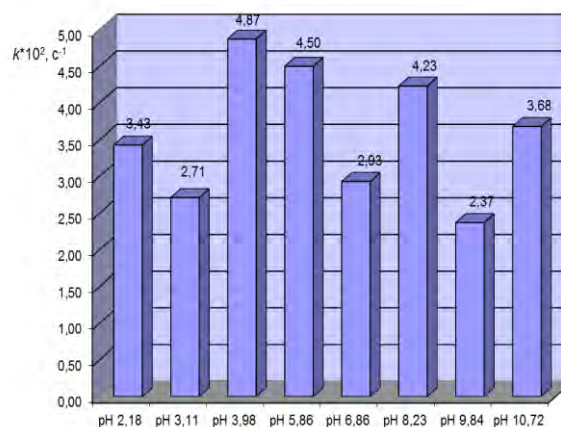


Рисунок 2. Константа скорости набухания ХЗГ в модельных растворах с различным показателем pH при 20 °C

В работе измерены интегральные удельные теплоты набухания ΔH набухающей фракции ХЗГ и рассчитана масса воды $m_{\text{г.в.}}$, сорбированной высокомолекулярными веществами на стадии гидратации, установлена ее доля $x_{\text{г.в.}}$ в общей массе поглощенной жидкости (таблица 2).

Теплота набухания и масса гидратной воды в набухших ХЗГ

pH среды	2,18	3,11	3,98	5,86	6,86	8,23	9,84	10,72
$-\Delta H$, Дж/г	20,5	22,7	20,7	19,3	19,0	20,7	22,3	24,5
$m_{г.в.}$, гH ₂ O/гВМС	0,061	0,068	0,062	0,058	0,057	0,062	0,067	0,073
$x_{г.в.}$, %	3,0	3,0	3,8	3,7	3,7	3,5	3,2	3,0

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. Зависимость $m_{г.в.}$ от pH среды практически повторяет аналогичную зависимость для $i_{\max}$. В общей массе поглощенной жидкости доля гидратной воды составляет 3,0 – 3,8 %.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кретович В. Л. Биохимия растений. М.: Высшая школа, 2007. 445 с.
- 2 Смирнов В.С., Рукосуев А.Н. Товароведение зерна. М.: Издательство технической и экономической литературы по вопросам заготовок, 2009. 280 с.
- 3 Иванова М. Ф. Товароведная оценка белков муки зародышей пшеницы и использование лейкозина в производстве мучных кондитерских изделий и соусов для общественного питания: автореферат дисс. ... канд. тех. наук. М., 2011.
- 4 Воюцкий В. В. Курс коллоидной химии. М.: «Химия», 2005.
- 5 Корниенко Т.С., Гаршина С.И., Мاستюкова Т.В. и др. Лабораторный практикум по коллоидной химии. Воронеж: ВГТА, 2001.
- 6 Пинчук Л.Г., Зинкевич Е.П., Гридина С.Б. Биохимия. Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2011. 364 с.
- 7 Подгорнова Н.М., Корниенко Т.С., Гаршина С.И. и др. Лабораторный практикум по физической химии. Воронеж: ВГТА, 2005.
- 8 Некряч Е. Ф. Теплоты смачивания и гидрофильность некоторых высокомолекулярных соединений: автореф. дисс. ... канд. хим. наук. Киев, 2008.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. В исследованном диапазоне pH степень набухания ХЗГ максимальна при pH 3,98, минимальные значения ее наблюдаются при pH 9,84.
2. Время установления равновесия составляет 8-10 мин.
3. При pH 3,98 масса гидратной воды, содержащейся в единице массы ВМС, так же как и предельная степень набухания, максимальна; в общей массе поглощенной жидкости доля гидратной воды составляет 3,0 – 3,8 %.

REFERENCES

- 1 Kretovich V. L. Biokhimiya rastenii [Biochemistry of plants]. Moscow: Vysshaya shkola, 2007. 445 p. (In Russ.).
- 2 Smirnov V.S., Rukosuev A.N. Tovarovedenie zerna [Commodity grain]. Moscow: Izdatel'stvo tekhnicheskoi i ekonomicheskoi literatury po voprosam zagotovok, 2009. 280 p. (In Russ.).
- 3 Ivanova M. F. Tovarovednaya otsenka belkov muki zarodyshei pshenitsy i ispol'zovanie leikozina v proizvodstve muchnykh konditerskikh izdelii i sousov dlya obshchestvennogo pitaniya. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Foodstuff estimation of protein flour, wheat germ and use leikozin in the production of flour confectionery products and sauces for catering. Abstr. diss. cand. tech. sci.]. Moscow, 2011. (In Russ.).
- 4 Voyutskii V.V. Kurs kolloidnoi khimii [Course colloid chemistry]. Moscow: Khimiya, 2005. (In Russ.).
- 5 Kornienko T.S., Garshina S.I., Mastuykova T.V. et al. Laboratornyi praktikum po kolloidnoi khimii [Laboratory workshop on colloid chemistry]. Voronezh: VGTA, 2001. (In Russ.).
- 6 Pinchuk L.G., Zinkevich E.P., Gridina S.B. Biokhimiya [Biochemistry]. Kemerovo: KemTIPP, 2011. 364 p. (In Russ.).
- 7 Podgornova N.M., Kornienko T.S., Garshina S.I. et al. Laboratornyi praktikum po fizicheskoi khimii [Laboratory workshop in physical chemistry]. Voronezh: VGTA, 2005. (In Russ.).
- 8 Nekryach E.F. Teploty smachivaniya i gidrofil'nost' nekotorykh vysokomolekulyarnykh soedinenii. Aftoref. diss. kand. khim. nauk [Heats of wetting and hydrophilicity of some high-molecular compounds. Abstr. diss. cand. chem. sci.]. Kiev, 2008. (In Russ.).