

Профессор А.Н. Остриков, аспирант М.С. Напольских,
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра процессов и аппаратов химических
и пищевых производств, тел. (473) 255-35-54

доцент Т.В. Мастюкова,
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра микробиологии и биохимии,
тел. (473) 255-35-54

менеджер по внед. иннов. разработок А.С. Рудометкин
(ООО Келлогг Рус), тел. 8-961-180-90-42

Исследование гидрофильных свойств экструдированных продуктов на основе люпина, чечевицы и сублимированного мяса

Калориметрическим методом изучена кинетика набухания разработанной растительно-мясной смеси на основе чечевицы, люпина и сублимированного мяса для создания экструдированных продуктов функционального назначения.

Using the calorimetric method have been studied the swelling kinetics of developed vegetable-meat mixture on the basis of lentils, lupine and sublimated meat to create extruded functionality products.

Ключевые слова: экструзия, люпин, чечевица, мясо, водопоглотительная способность, гидрофильность

Важным показателем качества экструдированных продуктов является водопоглотительная способность. Определение изменения гидрофильных свойств экструдированных продуктов, основными составляющими которых являются природные биополимеры (крахмал и белок), является важным аспектом, определяющим технологические свойства готового продукта. А. В. Думанский и Е. В. Некряч предложили количественно определять гидрофильность различных веществ по теплоте набухания их в воде [1, 2]. Присоединение молекул воды к полярным группам полимеров происходит как слабая экзотермическая реакция. Если известна энергия перехода единицы массы воды из свободного состояния в связанное и интегральная теплота набухания, то можно определить массу воды, связываемой единицей массы вещества.

В настоящей работе данная методика использовалась для определения гидрофильности экструдированных продуктов на основе люпина, чечевицы и сублимированного мяса, полученных при разных режимах. Образцы экструдата измельчали до размеров 500 – 1000 мкм, подсушивали в сушильном шкафу при температуре 110 °С.

Тепловые эффекты взаимодействия биополимеров с растворителем определяли калориметрическим методом в изотермическом калориметре с термометрической чувствительностью, равной $1 \cdot 10^{-4}$ К при температуре 293 К.

Межмолекулярные взаимодействия воды с полярными группами белков и полисахаридов происходят как слабая экзотермическая реакция, тепловой эффект которой тем выше, чем сильнее выражены гидрофильные свойства вещества.

Расчёт удельной теплоты гидратации (набухания) проводили по формуле:

$$\Delta_r H = - [(g_1 + g_2) C_p + k] \Delta T, \quad (1)$$

где g_1 – масса растворителя; g_2 – масса исследуемого вещества; C_p – удельная теплоемкость водного раствора, $C_p = 4,18$ Дж/г К; k – постоянная прибора, определена по теплоте растворения стандартного вещества (KCl), $k = 378$ Дж/К; ΔT – изменение температуры в процессе набухания (рис. 1).

Энергия перехода единицы массы воды из свободного состояния в связанное составляет около 334,4 Дж [2]. Тогда массу воды, связываемой одним граммом экструдата, можно рассчитать по формуле:

$$g = \Delta_r H / 334,4, \quad (2)$$

где g – масса связанной воды, г/г вещества; $\Delta_r H$ – удельная теплота набухания, Дж/г.

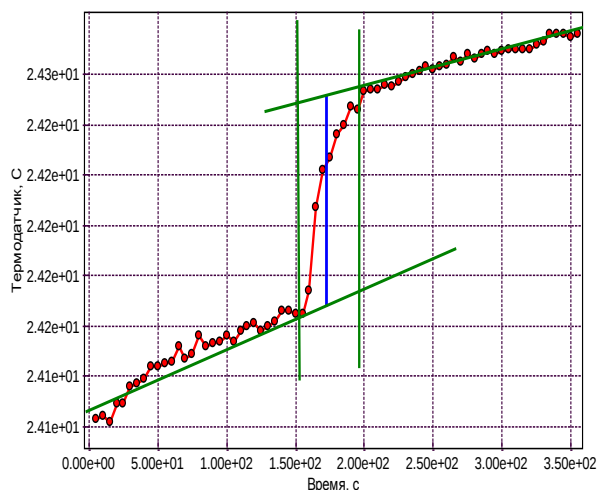


Рис. 1. Температурный ход набухания образца № 1 в дистиллированной воде

Результаты калориметрических измерений позволили определить удельную теплоту набухания ($-\Delta_r H$) и массу воды (g), связываемую единицей массы полимера для исследуемых объектов в дистиллированной воде (рН = 5,4) при $T = 293$ К (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Удельная теплота набухания,
масса связанной воды

Образцы	$-\Delta_r H$, Дж/г	x , г/г
1	47,35	0,142
2	32,45	0,097

При рассмотрении гидрофильных свойств эструдатов и оценке их технологических режимов водопоглощения важным вопросом является вопрос скорости процесса. В этой связи изучалась кинетика набухания эструдатов в водных растворах с разным значением рН.

Получены данные зависимости степени набухания от времени контакта полимера с растворителем (рис. 2, 3), которые были аппроксимированы уравнением первого порядка (3) и позволили определить скорость процесса ($di/d\tau$) и предельную (максимальную) степень набухания образцов в растворителе (рис. 3, 4).

$$i = i_{\max} \cdot \frac{\alpha\tau}{1 + \alpha\tau}, \quad (3)$$

где i – степень набухания полимера, г/г; $i_{\max}$ – предельная степень набухания, г/г; α – константа; τ – время набухания, мин.

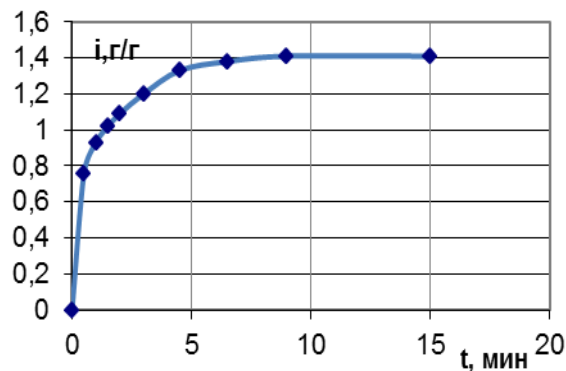


Рис. 2. Кинетика ограниченного набухания образца № 1 в дистиллированной воде

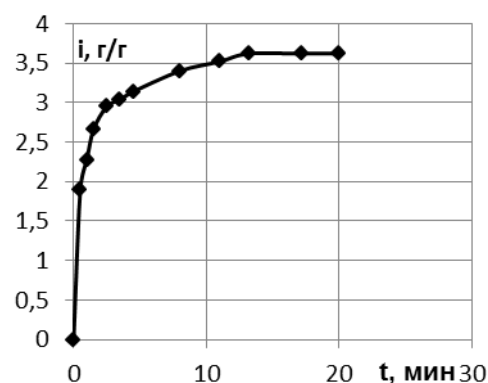


Рис. 3. Кинетика ограниченного набухания образца № 2 в дистиллированной воде

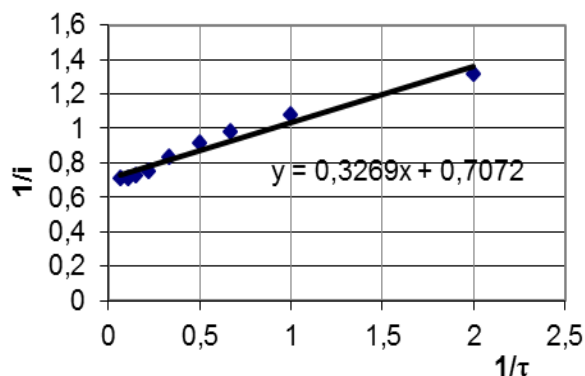


Рис. 4. Графическое определение предельной степени набухания образца № 1 в дистиллированной воде

Константу скорости процесса рассчитывали по уравнению первого порядка:

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

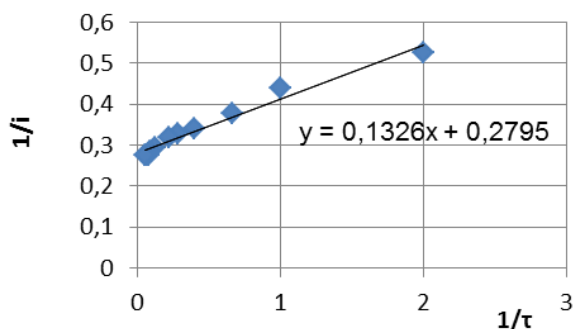


Рис. 5. Графическое определение предельной степени набухания образца № 2 в дистиллированной воде

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Кинетические характеристики набухания
экструдатов

Образцы	pH	$di/d\tau$, см ³ /г·мин	$i_{\max}$, г/г	$K_{\text{средн}}$, мин ⁻¹
1	2	0,15	2,3	0,32
	4	0,21	2,3	0,37
	5	0,32	1,4	0,76
	7	0,15	2,4	0,28
	9	0,14	2,4	0,4
2	2	0,17	3,1	0,31
	4	0,14	2,4	0,22
	5	0,1	3,6	0,3
	7	0,21	3,3	0,27
	9	0,28	3,4	0,38

Анализ данных показывает, что полученные зависимости (рис. 2-5) гидрофильности экструдата (образец № 1 и № 2) от количества приложенной энергии возможно объяснить тем, что при экструзии происходит ряд изменений макромолекул биополимеров белка и крахмала в экструдированном расплаве. Интенсивность прикладываемых сдвиговых усилий влияет на состояние крахмально-белкового комплекса, что выражается в разном количестве свободных полярных групп биополимеров, которые могут связывать воду. Следовательно, происходящие изменения макромолекул белка и крахмала позволяют получаемому экструдату обладать наибольшей водоудерживающей способностью.

Увеличение скорости гидратации с повышением уровня механической обработки

экструдата объясняется нарастанием доступности для молекул воды полярных групп биополимеров экструдата. При невысоких значениях энергии диссипации полярные группы находятся в труднодоступном виде для молекул воды, поэтому скорость гидратации мала и значения гидратации находятся на невысоком уровне.

При повышении степени механической обработки происходят изменения в структуре биополимеров, что приводит к высвобождению дополнительного количества полярных групп. Это приводит как к увеличению скорости гидратации, так и к максимальной водоудерживающей способности. При этом экструдат обладает наибольшей способностью связывать влагу. Дальнейшее повышение интенсивности обработки приводит к количественному изменению числа полярных групп. Из-за начинающейся глубокой деструкции биополимеров происходит изменение их химического состава, количество полярных групп уменьшается. Следовательно, скорость гидратации растет, но масса связанной воды становится меньше.

Полученные значения массы связываемой воды можно использовать при расчете рецептур пищевых продуктов с использованием экструдата, полученного из смеси люпина, чечевицы и сублимированного мяса. Установленные зависимости влияния интенсивности механической обработки при экструдировании на свойства готового экструдата, полученного из смеси люпина, чечевицы и сублимированного мяса, учитывались при выборе рациональных режимов экструзии.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Думанский, А. В. Избранные труды: Коллоидная химия [Текст] / А. В. Думанский. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. – 344 с.
- 2 Некряч, Е. Ф. Теплоты смачивания и гидрофильность некоторых высокомолекулярных соединений [Текст]: автореферат. дис. ... канд. хим. наук. – Киев, 1954. – 18 с.

REFERENCES

- 1 Dumansky, A. V. Best works: Colloidal chemistry [Text] / A. V. Dumansky. – Voronezh: Publ. of VSU, 1990. - 344 p.
- 2 Nekryach, E. F. Heat of wetting and some hydrophilic macromolecular compounds [Text]: abstr. dis. ... Ph. D. - Kyiv, 1954. – 18 p.