

М.А. Субботина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОГЛОЩЕНИЯ ВЛАГИ И РАСТВОРИМОСТИ КЕДРОВОЙ МУКИ

В статье приведены результаты исследования набухания кедровой муки и растворимости белков кедровой муки в зависимости от технологических параметров – температуры, гидромодуля, времени контакта муки с водой, pH раствора.

Кедровая мука, набухание, гидромодуль, растворимость, технологические свойства.

Белковые продукты из масличных семян или их шротов (белковая мука, концентраты или изоляты) находят широкое практическое применение в качестве исходных сырьевых компонентов при получении новых продуктов, а также в качестве биологически активных добавок [1-3].

Теоретическое обоснование использования кедровой муки в производстве многокомпонентных продуктов на молочной основе с определенным составом и свойствами включало изучение функциональных свойств кедровой муки обезжиренной и влияние на последние различных технологических факторов.

К наиболее важным технологическим свойствам растительных добавок, используемых в производстве молочных продуктов, следует отнести набухание, растворимость, жиросвязывающую, жорозмульгирующую и пенообразующую способности [1, 3].

Растительные добавки, используемые в производстве молочных продуктов, должны хорошо набухать (увеличиваться в объеме), а следовательно, обладать хорошей водосвязывающей способностью. При введении в продукт они не должны придавать ему ощущение мучнистости и другие нежелательные ощущения. Применение их не должно существенно изменять технологию производства молочных продуктов.

Установление оптимальных режимов, при которых наибольшее количество влаги удерживается растительным наполнителем, имеет существенное значение при проведении технологического процесса и получении готового продукта высокого качества.

Цель исследований заключалась в определение способности кедровой муки обезжиренной поглощать и удерживать влагу и установлении оптимальных режимов, при которых наибольшее количество влаги удерживается кедровой мукой.

Кедровая мука представляет собой сложную капиллярно-пористую систему, содержащую белки, углеводы, в том числе крахмал, клетчатку (таблица 1).

Белки, пищевые волокна, крахмал, входящие в состав кедровой муки, отличаются повышенной гидрофильностью, хорошо удерживают влагу за счет образования ассоциативных связей с водой.

Набухание – самопроизвольный процесс поглощения низкомолекулярного растворителя высокомолекулярным веществом, сопровождающийся увеличением его объема и массы. Процесс набухания зависит от вида сырья, степени его дисперсности, вида и концентрации растворителя, температуры и других

параметров. Известно, что набухание как первый этап процесса растворения характерно для многих высокомолекулярных соединений, но оно не всегда сопровождается растворением. Причиной набухания является диффузия молекул воды в высокомолекулярное вещество. Так как подвижность молекул низкомолекулярного растворителя во много раз больше подвижности макромолекул полимера, то, проникая в пространство между звеньями полимера, молекулы растворителя раздвигают цепи макромолекул, что сопровождается увеличением объема. Например, белки при набухании увеличиваются в массе в 1,5-2 раза [4, 5].

Таблица 1

Химический состав ядра семян
сосны кедровой сибирской

Показатели	Массовая доля, % на абсолютно сухое вещество
Белки	18,0±0,20
Жиры	64,0±0,50
Углеводы, в том числе:	15,6±0,20
сахароза	5,2±0,10
крахмал	5,8±0,10
клетчатка	2,3±0,05
Зола	2,4±0,20

На первой стадии процесса поглощается небольшое количество жидкости. При этом выделяется тепло и происходит объемное сжатие (контракция). Жидкость, поглощенная на первой стадии, идет на сольватацию полярных групп полимера.

На второй стадии набухания поглощается больше жидкости, но без выделения тепла. Поглощенная жидкость при этом никак не связывается с макромолекулами полимера, а просто диффузионно всасывается в петли сетки, образуемой макромолекулами. Основная масса воды при этом является осмотически связанной [2, 5]. Отделение цепей друг от друга ослабляет силы межмолекулярного взаимодействия. Вследствие этого связь между макромолекулами значительно ослабляется. Они отрываются от основной массы вещества и диффундируют в раствор. Набухание переходит в собственно растворение.

Набухание кедровой муки связано с изменением физического состояния гидрофильных компонентов, в частности белков и полисахаридов, в результате их взаимодействия с растворителем. При набухании часть воды поглощается продуктом, в результате диффузии молекул жидкости в продукт, а часть рас-

ходуется на сольватацию – взаимодействие растворителя с молекулами полимеров.

Набухание определяют либо весовым, либо объемным методом. Мерой набухания является степень набухания или коэффициент набухания « α » [4, 6]. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Анализ результатов исследования показывает, что набухание в значительной степени зависит от времени контакта муки с водой. Наиболее интенсивно набухание происходит в первые 10 мин, при этом коэффициент набухания достигает значения 2,25. При увеличении времени контакта муки с водой с 10 до 30 мин темп набухания замедляется, коэффициент набухания увеличивается, но незначительно. Увеличение времени контакта муки с водой до 40 мин набухание кедровой муки достигает максимального значения 2,8 и при дальнейшем увеличении времени контакта не изменяется, то есть кедровая мука перестает увеличиваться в объеме.

Таблица 2

Набухание кедровой муки (температура $20 \pm 2^\circ\text{C}$)

Показатель	время, мин							
	1	3	5	10	15	30	40	60
Коэффициент набухания (α) продукта, отн. ед.	0,90	1,94	2,10	2,25	2,45	2,65	2,80	2,80

Способность кедровой муки связывать влагу при различных температурах зависит от поведения белка и крахмала. Белковые вещества поглощают больше влаги, в то же время крахмал обладает высоким температурным коэффициентом набухания. При низких и умеренных температурах $20\text{--}40^\circ\text{C}$ набухание кедровой муки происходит преимущественно за счет гидратации белков. Повышение температуры свыше 40°C приводит к усилению этого процесса в результате гидратации крахмала. При увеличении температуры происходят процессы денатурации и раскручивания полипептидных цепей белка. В результате разворачивания полипептидных цепей белка образуются полости, в которые устремляется дополнительное количество осмотической воды, усиливающей эндотермические реакции гидратации, а вместе с этим, и процессы денатурации белка. При этом происходит растворение сахарозы и дополнительное набухание белков кедровой муки. Набухание кедровой муки также связано с клейстеризацией крахмала.

Набухание в воде увеличивает водосвязывающую способность кедровой муки: при 40°C 1 г муки связывает 0,94 г воды, при 60°C – 1,10 г, при 85°C – 1,4 г воды соответственно. Набухающая способность кедровой муки, способность поглощать и удерживать влагу является важным фактором при образовании или формировании консистенции продукта.

Было отмечено, что в процессе набухания кедровая мука приобретает пастообразную консистенцию.

Растворимость – одно из важнейших функционально-технологических свойств, от которого зависят другие функциональные свойства белковых продуктов.

Растворимость определяется количеством белка, перешедшего в раствор (в процентах от общего содержания его в продукте).

Специфическая последовательность аминокислотных остатков в полипептидных цепях, неравномерное распределение гидрофобных и гидрофильных групп на поверхности белка, наличие или отсутствие спирализованных остатков обуславливают специфичность функциональных свойств. Растворимость в наибольшей степени зависит от присутствия нековалентных взаимодействий: гидрофобных, электростатических и водородных связей. Известно, что чем ниже относительная гидрофобность белков (т. е. меньше взаимодействие между глобулами и выше силы отталкивания), тем больше взаимодействие их с молекулами растворителя, а следовательно, и больше растворимость [4, 5].

Эффективность процесса растворения белка обусловлена рядом факторов, важнейшими из которых являются pH, тип и концентрация растворителя, структура материала, соотношение между количеством растворителя и материала (гидромоуль), скорость перемешивания, продолжительность процесса [2].

Растворимость белков кедровой муки осложняется, с одной стороны фактором многокомпонентности системы, включающей в себя белки, остаточные липиды, углеводы, минеральные вещества, а с другой, природой белков.

Одной из важнейших особенностей белков является их неодинаковая растворимость в различных растворителях: воде, растворах солей, щелочей, спирте. Поэтому следующий этап наших исследований заключался в изучении растворимости белков кедровой муки и влиянии различных технологических факторов на этот показатель.

Целью данных исследований является изучение влияния количества воды (гидромоуль) на растворимость белков муки кедровой обезжиренной.

Процесс растворения белков в воде происходит в результате взаимодействия белковой молекулы с молекулами воды. При взаимодействии белковых продуктов с водой последняя проникает между молекулами белка, раздвигает цепи макромолекул и присоединяется к гидрофильным группам молекулы белка, что сопровождается увеличением объема белка. Далее происходит ослабление сил межмолекулярного взаимодействия, часть белковых молекул отрывается от основной массы и диффундирует в раствор. При этом часть воды удерживается белковыми молекулами, которые не перешли в раствор и находятся в виде набухших частиц [2, 4, 5].

За основу изучения растворимости белков кедровой муки взяты методики, используемые при изучении данных показателей соевой муки [6]. Процесс гидратации проводили при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$, количество растворенных белков в центрифугате определяли по биуретовой реакции. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Как показали результаты исследований, при увеличении воды в системе все большее количество белка переходит в раствор. При соотношении мука : вода 1:30 значительная часть белка переходит в раствор. Растворимость белка достигает максимального значения 11,68 % для данных технологических условий (температура 20 °С), время взаимодействия муки с водой 10 минут.

Таким образом, анализ результатов исследований показывает, что в системе мука – вода процессы адсорбирования и растворения взаимосвязаны и определяются количеством воды в системе, что необходимо учитывать при определении области использования муки из кедровых орешков.

Таблица 3

Растворимость белка кедровой муки
в зависимости от величины гидромодуля

Соотношение мука: вода (гидромодуль)	Концентрация белка в растворе, мг/см ³	Кол-во белка перешедшего в раствор, мг	Растворимость, % к общему кол-ву белка
1:15	2,65±0,16	33,13±0,54	7,70±1,5
1:20	2,15±0,14	34,85±0,50	8,10±1,2
1:25	1,8±0,10	38,52±0,45	8,96±1,3
1:30	1,55±0,09	39,99±0,30	9,76±1,2
1:35	1,55±0,11	50,22±0,31	11,68±1,1
1:40	0,85±0,10	31,28±0,28	7,27±0,9
1:50	0,61±0,09	28,40±0,25	6,60±0,9
1:100	0,32±0,09	28,37±0,25	6,58±0,8

Известно, что растворимость белков в наибольшей степени зависит от присутствия нековалентных взаимодействий: гидрофобных, электростатических и водородных связей [1, 3]. Вклад электростатических сил в растворимость белков зависит от pH среды и присутствия солей.

Наличие заряда у белковой молекулы является важным фактором устойчивости белкового раствора. При этом белковые глобулы ведут себя как макромолекулы, знак и общий заряд которых изменяется в зависимости от pH и состава растворителя. Величину pH, отвечающую равенству положительных и отрицательных зарядов, называют изоэлектрической точкой (ИЭТ) белка [3].

В таблице 4 приведены результаты определения растворимости белков исследуемого продукта (кедровой муки) в диапазоне значений pH от 1 до 10.

Полученные результаты показали, что зависимость растворимости белка кедровой муки от pH носит нелинейный характер. Наблюдаются два максимума растворимости: в кислой (32,49 %) и щелочной (82,8 %) средах при pH 1,0 и 10,0 соответственно. Наименьшую растворимость (4,05 и 5,44 %) белок кедровой муки имеет при pH 3,0 и 4,0, что соответствует величине изоэлектрической точки.

При изменении pH от 4,0 до 6,0 растворимость белков вновь резко возрастает и при pH равном 6,0 достигает значения 29,98 %, что почти в 6 раз больше чем при pH 5,0.

Таблица 4

Зависимость растворимости белка кедровой муки
от pH среды

pH раствора	Содержание белка в растворе, мг/мл	Количество растворившегося белка, мг	Растворимость, % к общему белку
1,0	5,90±0,12	154,81±0,5	32,49±0,3
2,2	1,15±0,09	34,95±0,5	6,23±0,25
3,0	0,75±0,08	17,41±0,4	4,05±0,10
4,0	1,00±0,10	23,4±0,5	5,44±0,12
5,0	3,10±0,09	73,22±0,3	17,03±0,10
6,0	5,35±0,08	128,94±0,5	29,98±0,25
6,6	5,05±0,07	122,21±0,3	28,42±0,30
7,0	5,90±0,1	139,71±0,2	32,49±0,27
8,0	6,4±0,12	151,42±0,4	35,21±0,30
9,2	10,58±0,15	236,72±0,6	55,05±0,28
10,0	15,54±0,10	356,04±0,5	82,80±0,20

При изменении pH от 6,0 до 8,0 наблюдается некоторое замедление растворимости, она остается на одном уровне и практически равна растворимости белков в сильно кислой среде (pH 1,0). При дальнейшем увеличении pH от 8,0 до 10,0 растворимость снова резко возрастает и достигает максимального значения 82,8 %.

Поскольку известно, что наименьшим значениям растворимости белка соответствует изоэлектрическая точка, то можно предположить, что в составе белковых ингредиентов муки из кедровых орешков имеются две разные по физико-химическим свойствам и, вероятно, по аминокислотному составу области белка. В этих областях наблюдаются минимальные взаимодействия с растворителем и создаются благоприятные условия для образования электростатических сил заряженных групп и гидрофобных взаимодействий на участках соседних глобул. Поэтому можно предположить, что изучаемый продукт – кедровая мука обезжиренная – как минимум двухкомпонентная, следовательно, возможно ее фракционирование или очистка для целенаправленного и, может быть, более эффективного использования в конкретных пищевых системах.

Результаты изучения растворимости белков кедровой муки позволяют заключить следующее: в диапазоне значений pH, характерных для пищевых продуктов и их полуфабрикатов (4,0-8,5), растворимость белка муки из кедровых орешков невелика - от 5,44 до 40,0 %, поэтому использование муки без предварительной модификации целесообразно в изделиях, на качество которых высокий показатель растворимости не оказывает существенного влияния.

Список литературы

1. Щербаков В.Г., Иваницкий С.Б. Производство белковых продуктов из масличных семян. – М.: Агропромиздат, 1987. – 152 с.
2. Иваницкий С.Б. Получение и применение растительных белков из масличных семян // АгроНИИТЭИПП, пищевая промышленность, серия 20, вып.1, 1991. - 24 с.
3. Пищевая химия / Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А., и др.; Под ред. А.П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 592 с.
4. Щербаков В.Г., Иваницкий С.Б., Лобанов В.Г. Лабораторный практикум по биохимии и товароведению растительного масличного сырья. – М.:Агропромиздат, 1986. - 88 с.
5. Гридина С.Б., Романова Е.А. Исследование технологических свойств соевой обезжиренной муки / С.Б. Гридина, Е.А. Романова // Хранение и переработка сельхозсырья, 2002. - № 3. – С. 61-63.
6. Мартынова И.А., Колпакова В.В., Севириненко С.М., Рассоха Е.И. / И.А.Мартынова, В.В. Колпакова, С.М. Севириненко, Е.И. Рассоха // Известия вузов. Пищевая технология, 1999. - № 5-6. – С. 22-26.

ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности»,
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

SUMMARY

M.A. Subbotina

Study of process of the absorption of a moisture and solubility of a cedar flour

In the article are given the results of investigating swelling cedar flour and solubility of the proteins of cedar flour in the dependence on the technological parameters - temperature, the hydro-modulus, the time of the contact of flour with the water, pH of solution.

Cedar flour, swelling, hydromodulus, solubility, technological properties.