

УДК 637.13:637.12.05

В.И. Круглик

## АНАЛИЗ РЕЖИМОВ СУШКИ ГИДРОЛИЗАТОВ В СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Изучены состав и свойства ферментного гидролизата в процессе сушки. Исследована массовая доля влаги в течение процесса, определена зависимость диаметра сухих частиц гидролизата молочных белков от температуры, массовой доли сухих веществ в растворе и частоты вращения распылительного диска. Изучен аминокислотный состав. Отмечено относительное распределение сухих частиц по линейному диаметру в циклонной и башенной фракциях образцов.

Ферментативный гидролизат молочных белков, сушка, аминокислотный состав.

Рациональное питание способствует сохранению здоровья, профилактике заболеваний, а также создает условия для повышения способности организма противостоять неблагоприятным воздействиям окружающей среды. Полноценное питание составляет основу жизнедеятельности человека, определяет его возможность переносить заболевания, физические и психоэмоциональные нагрузки.

Распылительная сушка является наиболее эффективным способом концентрирования и позволяет получать белковые препараты высокого качества. Основным критерием при выборе температурных режимов сушки являлось содержание влаги в готовом продукте, которая должна соответствовать таковой, определенной медико-биологическими требованиями к качеству белковых гидролизатов. С целью выбора оптимальных параметров процесса сушки гидролизатов и пептидных препаратов исследовали три температурных режима входящего и выходящего из сушильной башни воздуха, соответственно:  $180 \pm 1$  и  $80 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $170 \pm 1$  и  $75 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $160 \pm 1$  и  $70 \pm 1^\circ\text{C}$ . Изменение массовой доли влаги в продукте, полученном при указанных температурных режимах сушки, представлено в табл. 1

Таблица 1  
Массовая доля влаги  
при различных температурах сушки

| Продукт            | Массовая доля влаги при температуре воздуха, ( $t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}$ ) |          |          |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
|                    | 180-80°C                                                                          | 170-75°C | 160-70°C |
| ФГМБ               | 2,5±0,20                                                                          | 3,5±0,25 | 4,8±0,33 |
| Пептидный препарат | 3,0±0,22                                                                          | 3,9±0,25 | 5,2±0,35 |

Из приведенных данных видно, что сушку ФГМБ и пептидных препаратов на их основе наиболее целесообразно проводить при температуре входящего воздуха более  $170 \pm 1^\circ\text{C}$ . В этом случае влажность продукта соответствует предъявляемым требованиям (не более 4%). При температуре входящего воздуха  $160 \pm 1^\circ\text{C}$  не удается достигнуть необходимой массовой доли сухих веществ в белковых препаратах.

Важным показателем, характеризующим качество продукта, является дисперсность частиц, которая влияет на его растворимость и насыпную плотность. Дисперсность сухих частиц гидролизатов и пептидных препаратов изучали в образцах, полученных распылительной сушкой исходных растворов с массовой

долей сухих веществ 10, 20 и 30% при числе оборотов распылительного диска 22000, 24000 и 26000 об/мин и температурах входящего и выходящего в сушильную башню воздуха соответственно  $180-75^\circ\text{C}$ ,  $170-75^\circ\text{C}$ ,  $160-75^\circ\text{C}$ . Полученные результаты представлены в табл. 2-3.

Таблица 2

Зависимость диаметра сухих частиц ФГМБ от температуры, массовой доли сухих веществ в растворе и частоты вращения распылительного диска

| Температура, °C | Средний линейный диаметр частиц гидролизата (мкм) при массовой доле сухих веществ в растворе, % |      |      |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
|                 | 20                                                                                              | 30   | 40   |
| 160             | 42,3                                                                                            | 47,1 | 49,5 |
|                 | 40,0                                                                                            | 43,7 | 46,2 |
|                 | 36,5                                                                                            | 39,4 | 42,1 |
| 165             | 46,3                                                                                            | 48,3 | 51,8 |
|                 | 42,4                                                                                            | 44,9 | 47,2 |
|                 | 38,7                                                                                            | 41,5 | 43,5 |
| 170             | 47,5                                                                                            | 50,3 | 52,5 |
|                 | 43,5                                                                                            | 47,8 | 49,4 |
|                 | 40,3                                                                                            | 42,5 | 45,6 |
| 175             | 49,0                                                                                            | 52,5 | 54,7 |
|                 | 45,2                                                                                            | 48,7 | 51,1 |
|                 | 42,6                                                                                            | 44,5 | 47,5 |
| 180             | 51,3                                                                                            | 53,6 | 57,2 |
|                 | 47,8                                                                                            | 50,7 | 53,8 |
|                 | 43,5                                                                                            | 46,3 | 49,5 |

ПРИМЕЧАНИЕ. Первая цифра – число оборотов диска 22 тыс./мин, вторая – 24 тыс./мин и третья – 26 тыс./мин.

Анализируя полученные данные, можно заключить, что средний линейный диаметр сухих частиц ФГМБ изменялся от 36,5 до 57,2 мкм, пептидного препарата – от 28,7 до 53,8 мкм. В обоих случаях содержание более крупных частиц возрастало с повышением массовой доли сухих веществ в исходном растворе.

При повышении температуры на входе в сушильную башню размер частиц увеличивался. Это связано с увеличением давления пара внутри частицы, подвергаемой тепловой обработке.

Уравнения регрессии, описывающие данные зависимости, имеют следующий вид:

$$d = -36,6642 - 0,2385X_1 + 0,5636t_{\text{вх}} + 2,1570X_2 - 0,0003X_1X_2 + 0,0069X_1^2 - 0,0006t_{\text{вх}}^2 - 0,0008X_2^2, \quad (1)$$

$$d = -50,1256 + 0,0985X_1 + 1,2871t_{\text{вх}} - 2,8814X_2 + 0,0018X_1^2 - 0,0032t_{\text{вх}}^2 - 0,0032t_{\text{вх}}^2 + 0,0004X_2^2, \quad (2)$$

где  $d$  – средний линейный диаметр частиц, мкм;  $X_1$  – массовая доля сухих веществ в исходном растворе, %;  $t_{вх}$  – температура воздуха на входе в сушильную башню, °C;  $X_2$  – скорость вращения распылительного диска, тыс. об/мин.

Таблица 3

Зависимость диаметра сухих частиц пептидных препаратов от температуры, массовой доли сухих веществ в растворе и частоты вращения распылительного диска

| Температура, °C | Средний линейный диаметр частиц гидролизата (мкм)<br>при массовой доле сухих веществ в растворе, % |             |             |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                 | 20                                                                                                 | 30          | 40          |
| 160             | <u>34,9</u>                                                                                        | <u>37,5</u> | <u>39,9</u> |
|                 | <u>32,3</u>                                                                                        | <u>34,2</u> | <u>37,5</u> |
|                 | 28,7                                                                                               | 32,4        | 39,1        |
| 165             | <u>33,2</u>                                                                                        | <u>35,5</u> | <u>38,7</u> |
|                 | <u>42,4</u>                                                                                        | <u>44,9</u> | <u>47,2</u> |
|                 | 30,1                                                                                               | 32,7        | 35,8        |
| 170             | <u>34,2</u>                                                                                        | <u>36</u>   | <u>39,4</u> |
|                 | <u>43,5</u>                                                                                        | <u>47,8</u> | <u>49,4</u> |
|                 | 31,5                                                                                               | 37,1        | 36,7        |
| 175             | <u>34,5</u>                                                                                        | <u>37,7</u> | <u>39,3</u> |
|                 | <u>45,2</u>                                                                                        | <u>48,7</u> | <u>51,1</u> |
|                 | 32,1                                                                                               | 39,1        | 37,0        |
| 180             | <u>35,8</u>                                                                                        | <u>38,3</u> | <u>40,8</u> |
|                 | <u>47,8</u>                                                                                        | <u>50,7</u> | <u>53,8</u> |
|                 | 22,8                                                                                               | 34,9        | 38,1        |

ПРИМЕЧАНИЕ. Первая цифра – число оборотов диска 22 тыс./мин, вторая – 24 тыс./мин и третья – 26 тыс./мин.

В результате эксперимента также установлено, что дисперсность частиц в циклонной и башенной фракциях значительно отличаются друг от друга. В табл. 4 представлены данные распределения сухих частиц по размерам во фракциях гидролизата и пептидного препарата, высушенных при одних и тех же режимах.

Таблица 4

Относительное распределение сухих частиц по линейному диаметру в циклонной и башенной фракциях образцов

| Средний линейный диаметр частиц гидролизата, мкм | Относительное распределение, % |                     |
|--------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|
|                                                  | Циклонная фракция              | Башенная фракция    |
| До 50                                            | <u>74,2</u><br>94,3            | <u>39,7</u><br>47,3 |
| 50-100                                           | <u>9,1</u><br>2,3              | <u>10,4</u><br>14,9 |
| 100-150                                          | <u>7,5</u><br>2,0              | <u>18,3</u><br>19,5 |
| 150-200                                          | <u>7,0</u><br>1,5              | <u>17,5</u><br>10,0 |
| Более 200                                        | <u>2,2</u><br>1,4              | <u>14,1</u><br>8,3  |

ПРИМЕЧАНИЕ. Первая цифра – для ФГМБ, вторая – для пептидных препаратов.

На основе полученных результатов можно предположить, что циклонные фракции представлены мелкими частицами, причем диапазон их распределения более узкий, чем в башенных фракциях. Кроме того, если размер частиц циклонной фракции в значительной мере зависел от технологических режимов,

то размер таковых образцов в башенной фракции, полученных при различных режимах, имел незначительные различия.

Полагают, что в процессе распылительной сушки денатурационный эффект, по сравнению с другими видами тепловой обработки – пастеризацией, вакуум-выпариванием и другими, – является минимальным [41, 104]. Тем не менее, исследования по изменению аминокислотного состава образцов ферментативных гидролизатов в процессе распылительной сушки практически не проводились. Нами определено влияние температуры сушки на изменение аминокислотного состава образцов при сушке (табл. 5).

Экспериментальные данные аминокислотного состава белковых препаратов, высушенных при указанных режимах сушки, достоверно не отличаются между собой. Это свидетельствует о том, что в исследуемом диапазоне температур практически не происходят какие-либо химические изменения белков, вследствие чего обеспечивается высокая биологическая ценность продукта.

На рис. 1 приведены фотографии сухих частиц ФГМБ и пептидного препарата. Оболочечное строение представленных на фотографиях частиц гидролизата и пептидного препарата можно объяснить исходя из теории образования сухих частиц, предложенной Н.Н. Липатовым. В первом случае избыточное давление паров внутри частицы оказывается недостаточным для разрушения целостности сферической оболочки на протяжении всего процесса сушки, в конце которой по мере снижения температуры происходит конденсация пара в частице, сопровождающаяся резким падением внутреннего давления.

Таблица 5

Влияние режимов сушки на аминокислотный состав сухих препаратов (г/100 г белка)

| Режимы сушки<br>( $t_{вх}$ °C –<br>$t_{вых}$ °C) | Аминокислота |                       |         |       |                      |        |        |        |        |       |          |           |        |         |
|--------------------------------------------------|--------------|-----------------------|---------|-------|----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|----------|-----------|--------|---------|
|                                                  | триптофан    | аспарагиновая кислота | треонин | серин | глутаминовая кислота | пролин | глицин | аланин | цистин | валин | метионин | изолейцин | лейцин | тирозин |
| 180-85                                           | 1,52         | 8,1                   | 4,8     | 6,3   | 24,1                 | 10,5   | 1,9    | 3,5    | 0,7    | 6,1   | 2,1      | 4,0       | 11,6   | 5,7     |
| 170-80                                           | 1,50         | 7,9                   | 4,7     | 6,1   | 23,5                 | 10,2   | 1,9    | 3,4    | 0,7    | 5,9   | 2,2      | 3,8       | 11,4   | 5,6     |
| 160-75                                           | 1,37         | 8,0                   | 4,7     | 6,2   | 23,9                 | 10,3   | 1,9    | 3,5    | 0,8    | 6,0   | 3,0      | 3,8       | 11,5   | 5,8     |
| 150-70                                           | 1,47         | 8,6                   | 5,1     | 6,6   | 25,4                 | 11,1   | 2,1    | 3,8    | 0,8    | 6,4   | 2,7      | 4,2       | 12,3   | 6,1     |

При этом под действием оказывающегося избыточным атмосферного давления происходит образование на поверхности частицы либо вмятин, либо кратерообразной воронки с полным разрушением оболочки в ее вершине. Во втором случае внутреннее давление паров воды оказывается достаточным, чтобы в местах локальных дефектов оболочки разрушить ее целостность. Тогда происходит выравнивание давлений внутри и вне сферической оболочки, и при снижении температуры в конце процесса сушки обо-

лочка сохраняет свою сферическую форму. Кроме того, образование отверстий в оболочке резко снижает внутреннее давление, тем самым можно объяснить тот факт, что средний размер частиц пептидных препаратов несколько меньше такого у гидролизатов. Размеры изображенных частиц гидролизата колеблются от 10 до 100 мкм, пептидного препарата – от 5 до 80 мкм. Форма частиц близка к сферической. Большая часть частиц ФГМБ имеет форму существенно деформированных сфер, пептидный же препарат имеет ровную шаровидную поверхность с большим количеством «кратеров». Увеличение позволяет

определить, что поверхность частиц пептидного препарата довольно тонкая и хрупкая, что приводит к их механическим повреждениям.

Таким образом, суммируя полученные данные, можно заключить, что при сушке гидролизатов и пептидных препаратов целесообразно использовать следующие режимы сгущения и сушки: температура воздуха на входе и выходе из сушильной башни, соответственно:  $180 \pm 1^\circ\text{C}$  и  $85 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $170 \pm 1^\circ\text{C}$  и  $80 \pm 1^\circ\text{C}$ ; массовая доля сухих веществ в исходном растворе 25–35%; скорость вращения распылительного диска 22–26 тыс. об/мин.



Рис. 1. Электронномикроскопические фотографии сухих частиц ФГМБ (а) и пептидного препарата, полученного на его основе (б)

#### Список литературы

1. Алексеева Н.Ю. Современная номенклатура белков молока // Молочная промышленность. – 1983. – №4. – С.27-31.
2. Васильев Ф.В. К вопросу оптимизации аминокислотного состава поликомпонентных продуктов с использованием методов вычислительной математики / Ф.В. Васильев, И.А. Глотова, Л.В. Антипова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 2. – С. 58-61.
3. Горбатова К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов. – М.: ГИОРД, 2003. – 352 с.
4. Диксон М. Ферменты. В 3-х т. / М. Диксон, Э. Уэбб. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Т. 1. – 392 с.
5. Диксон М. Ферменты. В 3-х т. / М. Диксон, Э. Уэбб. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Т. 2. – 515 с.
6. Диксон М. Ферменты. В 3-х т. / М. Диксон, Э. Уэбб. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Т. 3. – 1120 с.

ОАО «Нутринвестхолдинг»,  
125167, г. Москва, Ленинградский пр-т, 37А, стр. 14

#### SUMMARY

V.I. Kruglik

#### The analysis of modes of drying in connection with use in technology of products of a special food

ОАО «Nutrinvestholding», Prospectus Leningradskii 37A, str. 14, Moscow, 125167

Are studied structure and properties fermental hydrolysate in the course of drying. The moisture mass fraction in a process current is investigated, dependence of diameter of dry particles hydrolysate dairy fibers from temperature, a mass fraction of solids in a solution and frequencies of rotation spray a disk is defined. It is studied aminoacide structure. Relative distribution of dry particles on linear diameter in cyclonic and tower fractions of samples is noted. Enzymetive hydrolysate dairy fibers, drying, aminoacide structure.

