

УДК 66.047.3

Доцент В.Е. Игнатов, доцент В.В. Пойманов,
студент Д.А. Нестеров

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств,
тел. (473) 255-38-96

Исследование процесса вакуум-сублимационной сушки бактериальных концентратов

Исследованы процессы кинетики замораживания и вакуум-сублимационной сушки бактериальных концентратов с использованием протекторных сред. Предложены оптимальные параметры проведения процесса.

The kinetic processes of freezing and freeze-drying of bacterial concentrates using protective mediums are investigated. Optimum parameters of carrying out process are offered.

Ключевые слова: вакуум-сублимационная сушка, бактериальный концентрат.

Современные тенденции научно-технического прогресса отраслей АПК Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 гг.» предусматривают широкое применение биотехнологических методов переработки сельскохозяйственного сырья, химического и биологического синтеза пищевых веществ и биологических средств питания и защиты животных.

В последние годы во всем мире получило широкое признание развитие нового направления пищевой промышленности – производство продуктов функционального питания. Это продукты и напитки, включающие в себя комплексы биотических компонентов: пробиотиков, пребиотиков и синбиотиков.

Пищевая промышленность Российской Федерации, по оценке Abercade, закупает био-технологические препараты на сумму примерно \$100 млн. в год. Это закваски для производства кисломолочных продуктов, дрожжи и ферменты для производства спирта, стартовые культуры для производства мясных продуктов. На этом рынке отечественная продукция занимает около 9-12 %. Создание наукоемкого оборудования нового поколения для производства бактериальных концентратов для предприятий молочной и мясной отраслей пищевой промышленности позволит решить проблему импортозамещения данного вида продукции.

Создание современных биотехнологий, отвечающих требованиям международных стандартов качества, привело к необходимости конструирования нового отечественного оборудования.

Увеличивающийся спрос на сублимированные бактериальные концентраты (бакконцентраты) определил необходимость разработки промышленной технологии и оборудования, которые позволяли бы, с одной стороны, получать продукт с высокими качественными характеристиками, а с другой – обеспечивать высокую стабильность этих качественных характеристик.

Производство продуктов пробиотической направленности базируется на использовании стартовых культур микроорганизмов, которые вводятся в виде заквасок и бакконцентратов. Совершенствование технологии производства бакконцентратов является актуальной проблемой, при этом важное место в исследованиях занимает повышение активности бакконцентратов, унификация их свойств, экономичность производства.

В настоящее время наибольшее распространение получили бакконцентраты «прямого внесения». В качестве финишной операции (консервирования) используется замораживание при низких температурах (криозамораживание) или вакуум-сублимационная сушка подготовленной бактериальной массы.

Следовательно, получение бактериальных концентратов «прямого внесения» является актуальной задачей и требует проведения экспериментальных работ с целью отработки

технологии производства бакконцентратов с предварительным криозамораживанием микробной биомассы. Создание и реализация такой технологии в РФ открывает новые возможности повышения качества и экономической эффективности бакконцентратов, способствует повышению конкурентоспособности.

Данный проект посвящен разработке финишного оборудования для производства сухих бакконцентратов. Одними из основных объектов являются скороморозильный аппарат, предназначенный для замораживания бактериальных концентратов, а также вакуум-сублимационная сушилка непрерывного действия.

Комплексный подход к созданию конкурентоспособной технологии обезвоживания термолабильных продуктов путем перехода на непрерывный способ сушки с эффективным комбинированным энергоподводом, применимой к продуктам, имеющим различную структуру, позволяет обеспечить интенсификацию процесса, низкие энергозатраты и низкую себестоимость продукции при высоком уровне ее качества.

Техническая идея внедряемых конструкторских разработок состоит также в повышении степени автоматизации оборудования участка замораживания и сушки, что позволит снизить время на простои, увеличить рентабельность продукции.

В отличие от сушки других пищевых продуктов, сушку бакконцентратов необходимо проводить в стерильных условиях.

Совершенствование технологии и разработка оборудования должны базироваться на теоретических исследованиях закономерностей основных процессов, протекающих в аппаратах.

Бакконцентраты готовятся путем культивирования чистых культур молочнокислых бактерий на специальных жидких питательных средах с последующим отделением клеток от культуральной жидкости. Далее полученный концентрат вносят в защитную среду (криопротекторная среда), охлаждают, разливают в емкости и осуществляют удаление влаги методом вакуум-сублимационной сушки.

Качество сухого бакконцентрата оценивается по количеству жизнеспособных клеток. На выживаемость клеток микроорганизмов оказывают влияние различные факторы: параметры процесса культивирования, концентрация и состав криопротекторной среды, температура и скорость предварительного замораживания бакконцентрата, масса дозы бакконцентрата во флаконах и т.п.

Нами выполнены исследования процессов замораживания и вакуум-сублимационной сушки бакконцентратов мезофильных молочнокислых палочек *Lactobacillus casei*. Полученный центрифугированием бакконцентрат смешивали с защитной средой. В качестве криопротекторной среды использовали: I вариант – водный раствор, содержащий сахарозу, цитрат натрия, глутамат натрия и желатозу; II вариант – водный раствор, содержащий молочный сахар (лактозу) и лактулозу. При этом доля бактериальной массы составляла от 30 до 50 % к общей массе [1].

От скорости замораживания и конечной температуры продукта зависит не только процесс сублимации, но и качественные характеристики сухого бакконцентрата. На рис. 1 представлены экспериментальные данные по исследованию процесса замораживания.

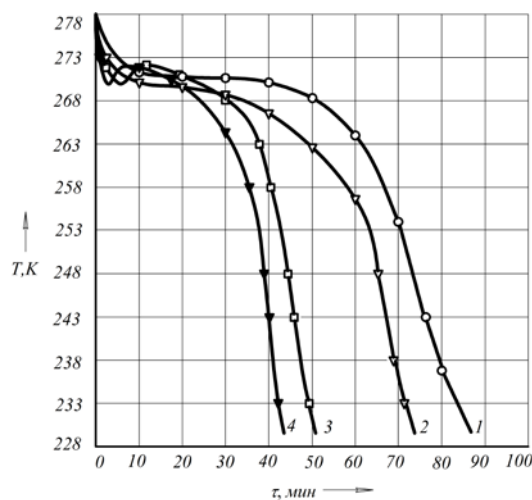


Рис. 1. Кинетика процесса замораживания бакконцентратов: 1 – воздушное: $t_c = -40^\circ\text{C}$, м. д. бактериальной массы 30 %; 2 – $t_c = -40^\circ\text{C}$, м. д. бактериальной массы 50 %; 3 – криозамораживание: $t_c = -150^\circ\text{C}$, м. д. м. д. бактериальной массы 30 %; 4 – криозамораживание: $t_c = -150^\circ\text{C}$, м. д. бактериальной массы 50 %

Согласно полученным данным (рис. 1), при предварительном замораживании с увеличением массовой доли бактериальной массы продукта наблюдается сокращение времени замораживания (кривые 1, 2), а при использовании криозамораживания парами азота по сравнению с обычным длительность процесса сокращается на 40-60 % (кривые 3, 4).

Вымораживание воды в биологических системах при понижении их температуры ниже криоскопической существенно изменяет теплофизические свойства продуктов. Основной причиной изменения теплофизических свойств продуктов при замораживании являет-

ся превращение воды в лед, так как свойства сухих веществ практически постоянны. Под количеством вымороженной влаги понимается отношение количества воды, превратившейся в лед при данной температуре, к суммарному количеству воды и льда, содержащемуся в продукте при той же температуре.

Если при сушке пищевых продуктов допускается определенное количество не вымороженной влаги, то при обезвоживании биологических материалов на основе микроорганизмов их необходимо замораживать до минимальной температуры плавления, т.е. эвтектической точки. Были установлены рациональные режимы: температура замораживания минус 37-40 °С.

Результаты исследования кинетики процесса вакуум-сублимационной сушки бакконцентратов представлены на рис. 2.

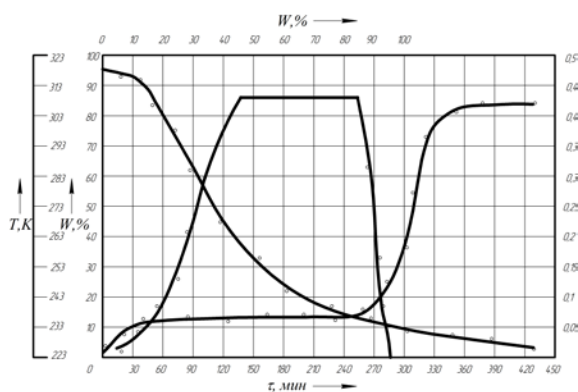


Рис. 2. Кривые сушки, скорости сушки и термограмма бакконцентрата

На кривой можно выделить следующие периоды:

– период возрастания скорости сушки: в этом периоде свободная влага интенсивно испаряется с поверхности (удаляется до 10-15 % влаги), т. к. отсутствует сопротивление микропористого слоя. Поэтому является целесообразным подвод большого количества теплоты с целью сокращения продолжительности сушки (температура нагревателей 32-35 °С, остаточное давление в камере 20-25 Па, плотность теплового потока 1,5-1,6 кВт/м²);

– период постоянной скорости сушки: влага удаляется, в основном, с поверхностных слоев материала, постоянное сопротивление тепло- и влагопереносу сосредоточено на поверхности, и поэтому в данный период скорость сушки не меняется (температура нагревателей 28-30 °С, остаточное давление в камере 20-25 Па, плотность теплового потока 1,25-1,3 кВт/м²);

– период падающей скорости сушки:

в этом периоде испарение льда с поверхности материала заканчивается. Близкие к поверхности слои материала начинают прогреваться. Процесс сублимации заканчивается при достижении продуктом влажности 12-14 %. Далее происходит вакуумная досушка (десорбция) материала до влажности 4,0-4,2 % (температура нагревателей 25-28 °С, остаточное давление в камере 10-15 Па, плотность теплового потока 1,2-1,25 кВт/м²).

Основным критерием, по которому оценивалось качество сухих бактериальных концентратов, является выживаемость микроорганизмов (КОЕ/г).

В таблице представлены результаты исследования качественных характеристик.

Т а б л и ц а

Качественные показатели сухого бакконцентрата

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	Однородный порошок кремового цвета
Массовая доля влаги, %	4,0
Количество жизнеспособных клеток, КОЕ в 1 г	1,5·10 ¹¹
БГКП (колиформы), в 1 г	не обнаружены
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, в 10 г	не обнаружены
<i>S. aureus</i> , в 1 г	не обнаружены
Активность сквашивания молока, ч	9,5
Титруемая кислотность, °Т	90

ЛИТЕРАТУРА

1 Пойманов, В. В. Исследование процесса вакуум-сублимационной сушки заквасок в защитной среде [Текст] / В.В. Пойманов, А. В. Прибытков // Сборник материалов международной научно-технологической конференции «Адаптация технологических процессов к пищевым машинным технологиям». – Воронеж. – Ч. 2. – С. 135-140.

REFERENCES

1 Poymanov, V. V. Investigation of starters vacuum freeze-drying in a protective medium [Text] / V. V. Poymanov, A.V. Pribytkov // Collection of the international scientific and technological conferences materials: «Adaptation of processes to the food machine technology». – Voronezh, 2012. – P. 2. – P. 135-140.