

### Выводы

Предложен бланширователь, содержащий подковообразной формы ванну, в которой расположен винт, паропровод и привод отличается тем, что зона выгрузки представляет собой нишу, в которой расположено выгрузочное колесо. Ниша по сравнению с ванной бланширователя имеет увеличенный радиальный размер, выгрузка происходит в верхней части ниши. По ходу вращения колеса, в верхней части ниши непосредственно перед выгрузкой продукта на выгрузочный лоток, расположен ограничитель. Выгрузочный лоток расположен под углом  $50^\circ$  относительно торцевой стенки бланширователя. Выгрузочное колесо имеет ширину почти равную ширине ниши и состоит из двух торцевых колец, перфорированных пластин и перфорированной обечайки. Оно находится на одной оси с винтом, и приводится во вращение приводом винта. Пластины сварены между кольцами под углом  $45^\circ$  относительно оси вращения. При помощи ступицы и радиально расположенных спиц выгрузочное колесо крепится на винт. К торцевому кольцу колеса приварен конус с образующей под углом  $45^\circ$ , максимально допустимый зазор между ванной бланширования и конусом 3 мм

Предложенный нами бланширователь позволяет существенно улучшить качество готового продукта, повысить производительность, расширить диапазон эксплуатационных возможностей бланширователя, снизить энергозатраты и расход пара на единицу выпускаемой продукции.

### Литература

1. Маханов Н.М., Мазур А.М., Ковганко Р.Л. и др. «Производство картофелепродуктов: Справочник». – 1987 г.
2. Ловкис З.В., Литвяк В.В., Мазур А.М., Почичкая И.П., Петюшев Н.Н. «Картофель и картофелепродукты: наука и технология». – 2009 г.

УДК 636.087.25

## ПРОЦЕСС ОБЖАРИВАНИЯ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА КАРТОФЕЛЬНЫХ СНЕКОВ

<sup>1</sup>Куликов А.В., канд. техн. наук, <sup>1</sup>Петюшев Н.Н., канд. техн. наук, <sup>1</sup>Шабета М.П., <sup>2</sup>Котов М.И.,  
<sup>1</sup>ОАО РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск  
<sup>2</sup>«Машпицепрод», г. Марьина Горка

*В данной статье представлены результаты исследований по установлению влияния показателей качества полуфабриката картофельных снеков и режимов их получения на качество готового продукта. По оценке качества готовых снеков установлены оптимальные показатели содержания крахмала в полуфабрикате, влажность и температура ингредиентов при формировании полуфабриката, влажность и толщина пластин полуфабриката, а также режимы его обжаривания.*

*In given article results of researches on an establishment of influence of indicators of quality of a half-finished product potato snacks and modes of their reception on quality of a ready product are presented. According to quality ready snacks optimum indicators of the maintenance of starch in a half-finished product, humidity and temperature of components are established at half-finished product formation, humidity and a thickness of plates of a half-finished product, and also it's roasting modes.*

**Ключевые слова:** снеки, режимы обжаривания, полуфабрикат картофельный, качество, технологические параметры

Картофельные снеки являются одним из многочисленных видов сухих завтраков, широко используемых в настоящее время в виде продуктов быстрого питания. Они могут быть представлены чипсами картофельными, полученными путем обжаривания тонко нарезанных лепестков свежего картофеля, чипсами картофельными, полученными из сухого картофельного пюре путем его увлажнения, формирования и обжаривания, а также продуктами обжаривания картофельного полуфабриката, полученного методом экструзии.

Предметом представленных исследований являлся именно экструзионный полуфабрикат снеков и готовый обжаренный продукт.

Целью исследований было – всесторонне изучить влияние режимов технологических процессов получения полуфабриката и различных показателей его качества, а также режимов обжаривания полуфаб-

риката на качество готового продукта и разработать соответствующие рекомендации для производителей полуфабриката картофельных снеков.

Исследования проводили в лаборатории РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» и на действующей линии производства картофельных снеков в ОАО «Машпицепрод (г. Марьина горка, Минская обл.), укомплектованным промышленным формователем Ш12-ККЛ/1.

Режимы формования полуфабрикатов сухих завтраков методом теплой экструзии характеризуются следующими показателями [3]: влажность формуемой смеси 24 – 35 %, давление смеси ингредиентов перед матрицей формователя 8 – 12 МПа, температура смеси на выходе из матрицы 60 – 100 °С.

Экструдированные полуфабрикаты сухих завтраков представляют собой изделия, отформованные в виде различных плоских форматов и высушенные до влажности 10-12 %.

В таком виде полуфабрикаты имеют большую плотность, прочность и могут храниться в течение длительного времени. Для приготовления из них готовых к употреблению сухих завтраков с нежной хрустящей пенообразной структурой достаточно погрузить их на 4 – 15 секунд в нагретое до 170 – 195 °С растительное масло.

Опыт работы предприятий по производству картофельных снеков показывает, что на качество готового продукта влияет нижеследующий ряд показателей качества самого полуфабриката, о значении которых можно судить только по качеству готового продукта, получаемого в процессе обжаривания, а также собственно режимы обжаривания. Это:

1. Количественное содержание крахмала в рецептурном составе.
2. Степень клейстеризации крахмала в смеси на выходе из матрицы.
3. Влажность обжариваемого полуфабриката.
4. Толщина пластин полуфабриката.
5. Продолжительность обжаривания.
6. Температура обжарочного масла.

За основной показатель качества обжаренных полуфабрикатов снеков (готового продукта) был взят коэффициент увеличения объема единицы массы продукта после и до обжаривания (степень увеличения объема):

$$k_y = \frac{V_{yo}}{V_{yo}^1}, \quad (1)$$

где  $V_{yo}^1$  – удельный объем исходного полуфабриката, см<sup>3</sup>/г;

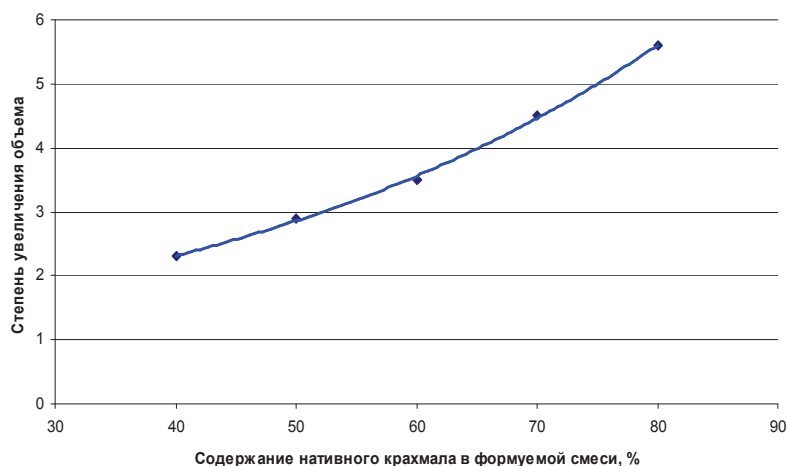
$V_{yo}$  – удельный объем обжаренного продукта, см<sup>3</sup>/г.

Данный показатель косвенно наиболее полно отражает такие показатели качества готовых продуктов, как форма, консистенция, степень пористости.

Для выявления оптимального количественного содержания картофельного крахмала в рецептурном составе были выработаны образцы полуфабриката картофельных снеков с различным содержанием крахмала. Результаты исследований представлены в табл. 1 и на рис. 1.

**Таблица 1 – Характеристика показателей обжаренных картофельных снеков при различном содержании нативного картофельного крахмала в формуемой смеси (полуфабрикаты)**

№ образца	Характеристика полуфабриката				Характеристика обжаренного продукта	
	Содержание крахмала, %	Толщина пластин, мм	Влажность пластин, %	Температура масла при обжаривании, °С	Степень увеличения объема	Консистенция продукта
1	40	0,7-0,8	10,2	195	2,2-2,5	малопористая, жесткая
2	50	0,7-0,8	10,0	195	2,8-3,0	малопористая, жестковатая
3	60	0,7-0,8	11,4	195	3,4-3,6	пористая, хрустящая
4	70	0,7-0,8	10,8	195	4,2-4,8	высокопористая, хрустящая
5	80	0,7-0,8	10,3	195	5,4-5,8	высокопористая, нежнохрустящая



**Рис. 1 – Зависимость степени увеличения объема обжаренных картофельных снеков от рецептурного содержания нативного крахмала в полуфабрикате**

Как видно из таблицы 1 и рисунка 1, увеличению доли нативного картофельного крахмала в составе сформованных полуфабрикатов картофельных снеков соответствует повышение качества готового продукта с точки зрения увеличения его пористости и улучшения консистенции.

Однако следует иметь в виду, что крахмал, обуславливающий внешний эффект качества и консистенцию готовых изделий, является чистым углеводным компонентом. Для повышения питательной ценности желателен, чтобы в полуфабрикате снеков содержалось больше картофельного компонента.

Данные таблицы показывают, что содержание нативного крахмала в полуфабрикате, с точки зрения консистенции готового продукта, можно считать достаточным в интервале значений 60-70 %.

Само по себе наличие нативного крахмала в полуфабрикате картофельных снеков не определяет качества готового продукта. Наиболее важным в структуре полуфабриката картофельных снеков является то, что при экструзии крахмал теряет свою естественную кристалличность и подвергается молекулярной деградации. На степень трансформации крахмала в процессе экструзии влияют следующие факторы: сдвиг, обуславливаемый давлением и механическими воздействиями в шнековой камере пресса, температура, возникающая за счет трения витков шнека о формуемую массу и влажность, регулируемая количеством вносимой в смесь воды.

В процессе исследований было выявлено, что снеки, полученные из полуфабриката, изготовленного в лабораторных условиях путем раскатывания смеси в лист с последующей термообработкой его паром в автоклаве, имели более высокую степень увеличения объема, чем у тех, которые были получены из экструдированных полуфабрикатов. Это позволяет судить о том, что механизм клейстеризации крахмала, протекающий при одновременной его деструкции, влияет на качество готового продукта в сторону его снижения.

Несмотря на множество работ, посвященных клейстеризации крахмала, в этом вопросе до сих пор нет достаточной ясности. Поэтому были изучены те факторы, через которые косвенно по оценке качества готового продукта можно повлиять на механизм клейстеризации в нужную сторону. Это: влажность смеси, поступающей в экструдер-формовальник, температура смеси на выходе из матрицы, давление в шнековой камере экструдера, скорость подачи смеси на формование, частота вращения формующего шнека.

Конструкция исследуемого экструдера обеспечивала постоянную скорость подачи смеси на формование и постоянную частоту вращения формующего шнека.

Было установлено, что для исследуемого формовальника оптимальная влажность пластин полуфабриката снеков на выходе из матрицы – 33 – 35 %, оптимальная температура пластин на выходе из матрицы – 80 – 90 °С, давление формования – 7 – 8 МПа.

Результаты по установлению влияния температуры формуемой смеси на состояние образцов полуфабриката и готового продукта представлены в табл. 2.

**Таблиця 2 – Характеристика образцов полуфабриката картофельных снеков, сформованных при разных температурах формуемой смеси, а также соответствующих обжаренных образцов**

№ образца	Ширина щели формирующей матрицы, мм	Характеристика полуфабриката				Характеристика обжаренного продукта	
		Толщина пластин, мм	Влажность, %	Температура смеси перед матрицей, °С	Температура масла при обжарке, °С	Степень увеличения объема	Консистенция продукта
1	0,7	0,7-0,8	11,3	40	195	1,24	непористая, жесткая
2	0,7	0,7-0,8	10,2	50	195	1,19	непористая, жесткая
3	0,7	0,7-0,8	9,9	60	195	1,48	непористая, жесткая
4	0,7	0,7-0,8	11,5	70	195	2,88	малопористая, жесткая
5	0,7	0,7-0,8	10,7	80	195	4,1	пористая, хрустящая
6	0,7	0,7-0,8	10,3	90	195	5,7	пористая, хрустящая
7	0,7	0,7-1,5	10,5	100	195	2,1-5,9	неоднородная, от жесткой до пористой

Анализ таблицы 2 показывает:

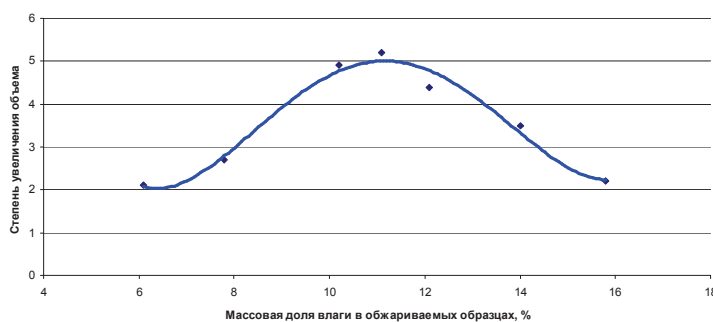
- качество готового продукта (по оценке степени увеличения объема и консистенции) повышается с увеличением температуры формуемой смеси перед матрицей только до значений, не превышающих температуру закипания воды в окружающих атмосферных условиях;

- формование пластин полуфабриката картофельных снеков при температуре смеси ниже значения начала клейстеризации картофельного крахмала (65 °С) не имеет смысла: крахмальные зерна в полуфабрикате неклеистеризованы;

- незначительное увеличение объема снеков из полуфабриката, сформованного при температуре смеси 40-60 °С, происходит, очевидно, из-за того, что в полуфабрикате присутствует клейстеризованный крахмал, вносимый с сухим картофельным пюре.

Влажность обжариваемого полуфабриката также является важнейшим параметром, влияющим на процесс обжаривания и качество готовых снеков.

Для определения этого влияния было исследовано качество обжаренных образцов полуфабриката снеков с массовой долей влаги от 6 до 16 % при одинаковой исходной толщине пластин 0,7-0,8 мм. Результаты исследований представлены на рис. 2.



**Рис. 2 – Зависимость степени увеличения объема обжаренных образцов картофельных снеков от массовой доли влаги в полуфабрикате**

Механизм взрыва полуфабриката снеков с образованием пористой структуры при их обжаривании заключается в следующем. Клейстеризованный крахмал, сформованный под большим давлением, в полуфабрикате переплетается своими цепями между собой и клеточными оболочками сухого картофельного пюре и при высушивании создает очень плотную стекловидную структуру. В высушенных пластинах содержится некоторое остаточное количество влаги, которая при погружении пластин в горячее растительное масло перегревается и в короткий промежуток времени превращается в пар. Последний, не находя пор, по которым он мог бы проникнуть наружу, разрушает структуру пластин полуфабриката в ка-

ждом ее элементарном объеме, при этом пластина становится пористой, а влага в виде пара сквозь образовавшиеся поры выходит из продукта. Влажность продукта при этом уменьшается до 4-6 %.

В процессе исследований по обжариванию полуфабрикатов снеков различной влажности были отмечены некоторые особенности протекания процесса обжарки:

1. При обжаривании полуфабриката с повышенной влажностью (13 – 15 %) после погружения пластин в масло через 1,5-2 с. наблюдается обильное испарение влаги, сопровождаемое образованием пористой структуры по поверхности пластин и быстрым их всплыванием на поверхность масла. При этом пористость неоднородная, поверхностные поры крупные, центральная часть пластин жесткая.

2. При обжаривании полуфабриката с недостаточным содержанием влаги (7 – 9 %) в начальный период обжарки пар из пластин не выделяется, затем при достижении пластиной температуры достаточной для взрыва, она, как и переувлажненная незначительно вспучивается и поднимается на поверхность масла. Обжаривание пересушенного полуфабриката не дает эффективного взрыва из-за недостатка образующегося при нагревании пластин пара, необходимого для разрушения структуры пластин.

3. При обжаривании пластин полуфабриката с массовой долей влаги 10 – 12 % нагревание их сопровождается незначительным парообразованием и последующим быстротечным взрывом плотной структуры с превращением ее в однородную пористую, при этом пластина резко увеличивается в объеме и всплывает на поверхность масла.

На основании изложенного анализа процесс обжаривания полуфабриката картофельных снеков можно рассматривать как двухэтапный процесс:

1-й этап – нагревание полуфабриката без испарения влаги до некоторой критической температуры, при которой начинается разрушение пластины полуфабриката;

2-й этап – от начала разрушения пластины до выгрузки ее из обжарочной печи.

Согласно [1,2] при термической обработке влажных пищевых продуктов внутри материала создаются значительные градиенты температуры. Это значит, что по направлению градиента каждому слою продукта, через которые необходимо сообщить нужную температуру на расстояние  $\delta$  от поверхности теплообмена, в каждый отдельный момент времени соответствует своя температура, зависящая от ряда физических показателей температуропроводящего материала, объединенных общим показателем – коэффициентом температуропроводности.

Коэффициент температуропроводности  $\alpha$  является важной характеристикой материала, определяющей его теплоинерционные свойства: чем выше  $\alpha$ , тем быстрее происходит нагревание или охлаждение материала.

$$\alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}, \text{ м}^2/\text{ч}, \quad (2)$$

или

$$\lambda = \alpha \cdot c \cdot \rho, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·К);

$c$  – удельная теплоемкость, кДж/(кг·К);

$\rho$  – плотность (или объемная масса), кг/м<sup>3</sup>.

Теплоемкость влажного материала определяется из выражения:

$$c_m = c_{ce} + \frac{c_e - c_{ce}}{100} \cdot \omega, \quad (4)$$

где  $c_{ce}$  – теплоемкость сухого вещества пластины полуфабриката ( $c_{ce} = 1250-1670$  Дж/(кг·К));

$c_e$  – теплоемкость воды, принимается равной 4,19 Дж/(кг·К);

$\omega$  – влажность полуфабриката по отношению к общей массе полуфабриката, %.

Как видно из (4) при обжаривании полуфабриката до начала испарения влаги из полуфабриката  $\omega = \text{const}$ , а, следовательно, на первом этапе обжаривания  $c_m = \text{const}$ .

Плотность полуфабриката на первом этапе обжаривания, если не учитывать коэффициента линейного расширения полуфабриката, также остается постоянной  $\rho = \text{const}$ .

Следовательно, исходя из (2) и (3), на первом этапе обжаривания полуфабриката коэффициенты  $\alpha$  и  $\lambda$  остаются постоянными, т.е. первый этап обжаривания – это установившийся процесс переноса теплоты в массу пластины полуфабриката, сопровождаемый стремительным формированием градиентов температуры и давления пара в пластине, направленных от поверхности пластины к ее середине. Очевидно, что взрыв скелета пластины полуфабриката наступает, когда силы давления пара внутри скелета начинают превышать предел механической прочности самого скелета.

Температурний градієнт забезпечує нагрівання до критическої температури в середині пластини через некоторое время  $\Delta\tau_k$  после погружения пластины в горячее масло. Градиент давления обеспечивает взрыв скелета пластин полуфабриката в поверхностных ее слоях через некоторое время  $\Delta\tau_p$  после погружения пластины в масло.

В зависимости от соотношения этих значений времени по-разному будет протекать второй этап обжаривания:

1. При  $\Delta\tau_k > \Delta\tau_p$  процесс взрыва пластин начинается до достижения критической температуры в середине пластины, пластина всплывает на поверхность масла, недополучив количества теплоты, достаточного для создания градиента давления, обеспечивающего взрыв пластины по всему объему. Теплопроводность и температуропроводность вспученной части пластины резко падают, центральная часть пластин остается недогретой и недожаренной и, как следствие – готовый продукт имеет невысокое качество.

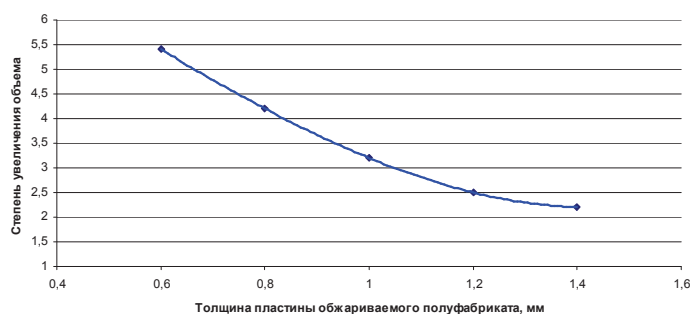
2. При  $\Delta\tau_k \leq \Delta\tau_p$  критическая температура в центре пластины достигается одновременно или раньше начала разрушения пластины; взрыв пластины по всему объему одновременный; качество готового продукта высокое.

Согласно А.С. Гинзбургу [1] зависимость коэффициента  $\lambda$  влажных материалов от окружающей температуры такая же, как и для сухих материалов: с повышением температуры  $\lambda$  увеличивается. Следовательно, на основании уравнения (2) можно утверждать, что с повышением температуры обжаривающего масла при постоянных значениях теплоемкости и плотности полуфабриката коэффициент температуропроводности полуфабриката увеличивается, а, следовательно, продолжительность периода передачи критической температуры  $\Delta\tau_k$  к середине пластины уменьшается.

Из изложенного выше вытекает, что снизить продолжительность нагрева середины пластины полуфабриката до критической температуры можно повышением температуры обжаривающего масла и снижением толщины пластины. В этой связи были исследованы влияния этих факторов на показатели качества готового продукта.

Установлено: при толщине пластины полуфабриката менее 0,6 мм готовый продукт имеет высокопористую нежную консистенцию, однако из-за низкой прочности и самого полуфабриката, и готового продукта выработать такой полуфабрикат нецелесообразно: резко возрастает количество отходов.

На рис. 3 представлены результаты исследований по определению влияния толщины полуфабриката на степень увеличения объема готового продукта в интервале значений толщины полуфабриката 0,6 – 1,4 мм.



**Рис. 3 – Зависимость степени увеличения объема обжаренных образцов картофельных снеков от толщины пластины полуфабриката**

Анализ графической зависимости, представленной на рисунке 3, показывает:

- толщина пластин полуфабриката значительно влияет на качество готового продукта;
- при толщине пластин полуфабриката более 1 мм качество готового продукта получается низким из-за плохой вспучиваемости при обжарке;
- для получения продукта высокого качества целесообразно поддерживать толщину пластин полуфабриката в интервале значений 0,6 – 1,0 мм.

Ниже в табл. 3 приведены результаты исследований по определению оптимальной продолжительности обжарки и установлению оптимальной температуры обжарочного масла.

Таблиця 3 – Результати досліджень по визначенню оптимальних тривалості обжарки і температур обжарочного масла

№ об-разца	Температура масла, °С	Продовжителність процесу обжарки, с	Характеристика обжареного продукту	
			Масова частка вологи, %	Органолептична оцінка
1	170	7-8	4,9	малопориста, жорстка
2	175	6-7	5,1	малокпориста, слабохрустяча
3	180	5-6	5,0	малокпориста, слабохрустяча
4	185	5-6	4,8	пориста, недостатньо хрустяча
5	190	4-7	4,7	пориста, хрустяча
6	195	5-7	5,1	пориста, хрустяча
7	200	5-6	4,6	пориста, хрустяча
8	205	3-4	3,9	пориста, хрустяча, з кольором і запахом підгорілого

Аналіз таблиці 3 дозволяє зробити наступні висновки:

- оптимальна температура обжарочного масла при виробництві обжарених пористих картофельних сніжків становить 190 – 200 °С.

- тривалість процесу обжарки при оптимальних значеннях температури обжарочного масла, товщини і вологості полуфабрикату становить 5 – 7 секунд.

#### Висновки

На основі проведених досліджень по оцінці якості готового продукту для промислового формувача Ш12-ККЛ/1 встановлені нижеслідуючі оптимальні показники полуфабрикату картофельних сніжків, режимів його отримання і обжарювання:

- вміст крохмалу в рецептурному складі, % 60-70;
- вологість формуємої суміші інгредієнтів, % 30-35;
- температура вологого полуфабрикату на виході з матриці, °С 80-90;
- тиск формування, МПа 7-8;
- вологість висушеного полуфабрикату перед обжарюванням, % 10-12;
- товщина пластин полуфабрикату, мм 0,6-1;
- температура обжарочного масла, °С 190-200.

#### Література

1. Гинзбург, А.С. Основи теорії і техніки сушки харчових продуктів – М.: Харчова промисловість, 1973.– 528 с.
2. Атаназевич, В.И. Сушка харчових продуктів: Справочне посібник. – М.: ДеЛи, 2000 – 296 с.
3. Васильєва, Т.В. Екструзійні продукти – М.: Харчова промисловість, 2003.– С.6-9.

УДК 532.696:541.182.644

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ СКЛАДНИХ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ З БІОАКТИВНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Грабов Л.М., к.т.н., ст.наук.сп., Грабова Т.Л., к.т.н., ст.наук.сп., Шматок О.І. наук.сп.  
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

*Експериментально досліджено вплив ефектів дискретно-імпульсного введення енергії в багатоконпонентні системи, реалізованих у дисково-циліндричних апаратах, на тепломасообмінні процеси одержання апі-препаратів.. Запропонована ДІВЕ-технологія дозволяє одержувати кінетично стабільні системи з високим вмістом біологічно-активних речовин.*

*The influence of the DPIE effects in the disc-cylinder apparatus on intensify heat-mass exchange processes of obtaining «bee»-drug is investigated. The proposed DPIE-technology has allowed to obtain kinetically stable system with a high content of biologically active substances.*