

6. Karelyn V.Ya. (1975) Kavytatsyonnie yavlenyya v tsentrobezhnikh y osevikh nasosakh. Moskva.: Mashhyz., 336.
7. Sarkysov H.N. (2006) Strukturnie modeli vodi. UFN., 8, 833-845.
8. Dolynskyy A.A., Basok B.Y. (2015) Nanomasshtabnie effekti pry dyskretno-impul'snoy transformatsyy enerhi / Mykro- y nanourovniwie protsessi v tekhnolohyyakh DYVE: temat. zb. stavey / pod obshch. Red..A.A.Dolynskoho; I-t tekhnicheskoy teplofizyky NAN Ukrainy. Kiev.: Akademperryodyka, 422-437.
9. Dolynskyy A.A., Shurchkova Yu.A. (2015) Voda v uslovyakh obrabotky DYVE / Mykro- y nanourovniwie protsessi v tekhnolohyyakh DYVE: temat. zb. stavey / pod obshch. Red..A.A.Dolynskoho; I-t tekhnicheskoy teplofizyky NAN Ukrainy. Kiev.: Akademperryodyka, 292-299.

УДК 664.8.047

ПОЛУЧЕНИЕ НЕЭНЕРГОЕМКИХ ФИТОЭСТРОГЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОРОШКОВ

Петрова Ж. А., д.т.н., Слободянюк Е. С., аспирант
Институт технической теплофизики НАН Украины

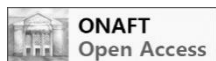
ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF PHYTOESTROGENIC VEGETABLE POWDERS

Petrova Zh. A., Doctor of Technical Sciences, Slobodyanyuk E. S., Post-Graduate Student
Institute of Engineering Thermophysics, National Academy of Sciences of Ukraine

Copyright © 2017 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Аннотация. Соевый белок характеризуется достаточно хорошо сбалансированным аминокислотным составом, который почти соответствует балансу идеального белка. Как важнейший белокосодержащий продукт - соя, потребление которой способствует преодолению белкового голода, рекомендована Всемирной организацией здравоохранения.

Семена сои являются важнейшим источником растительных белков в диете людей и животных во многих странах мира. Подобно другим белкам, соевые протеины обеспечивают организм калориями, незаменимыми аминокислотами и азотом. Пищевая ценность белков является функцией многих факторов, включая аминокислотный состав, переваримость и потребность организма в белковых веществах. Белки высокой пищевой ценности полностью перевариваются, и они практически идентичны идеальному белку.

Обезвоживание растительных материалов - один из важных технологических этапов, который значительно обеспечивает качество готовой продукции. Соево-овощные смеси, как объекты сушки, являются сложными за своей структурой, физико-химическим и биохимическим составом. Они объединяют в себе как свойства сои, так и овощей с многим минеральным и витаминным составом и высокими питательными свойствами растительного белка. Содержание растительного белка наделяет их особенными свойствами, что требует тщательного исследования процессов обезвоживания.

Подобно другим белкам бобовых культур белки семян сои бедны на серосодержащие аминокислоты. Однако, соевые белки содержат достаточное количество лизина, которым бедны большинство белков зерновых культур. Это делает ценным комбинирование белков семян сои с белками зерновых культур, в которых недостаточно лизина и метионина.

В результате несколько меньшей биологической ценности и переваримости белков соевых продуктов по сравнению с белками мяса первые характеризуются и сниженной использованием в организме (нетто-протеиновая утилизация - NPU). Так, NPU соевых белков около 62, а мяса около 80, но зато NPU белков пшеничной муки всего около 46. Переваримость белков семян сои зависит от методов их технической обработки.

Abstract. Soy protein is characterized quite well balanced amino acid composition, which almost corresponds to the balance of the ideal protein. As the most important protein-containing product - soy, the using of which contributes to overcoming famine of the protein, is approved by the health organization.

Soybean seeds are the most important source of vegetable proteins in the diet of humans and animals in many countries around the world. Like other proteins, soy proteins provide the body with calories, essential amino acids and nitrogen. Nutritional value of proteins is a function of many factors, including amino acid composition, digestibility and the body's need for protein substances. Proteins of high nutritional value are completely digested, and their amino acid composition is almost identical to the ideal protein.

Dehydration of plant materials is one of the important technological stages, which significantly ensures the quality of the finished products. Soy - vegetable mixtures, as drying objects, are complex for their structure, physicochemical and biochemical composition. They combine in themselves both the properties of soy and vegetables with many mineral and vitamin compositions and high nutritional properties of vegetable protein. The content of vegetable protein gives them special properties, which requires a careful study of the processes of dehydration.

Like other legume proteins, soybean protein proteins are poor in sulfur-containing amino acids. However, soy proteins contain a sufficient amount of lysine, which is poor in most of the proteins of cereal crops. This makes it valuable to combine the proteins of soybean seeds with protein from grain crops, in which there is not enough lysine and methionine.

As a result, the lower biological value and digestibility of proteins of soy products, compared with meat proteins, are also characterized by lower utilization in the body (net-protein utilization - NPU). So, the NPU of soy proteins is about 62, and the meat is about 80, but NPU proteins of wheat flour are only about 46. The digestibility of proteins of soybean seeds depends on the methods of their technical processing.

Ключевые слова: обезвоживание, белок, соя, сушение, число Ребиндера.

Key words: dehydration, protein, soy, drying, Reh binder number.

Основная часть. На сегодняшний день соя - главный продукт американской сельскохозяйственной системы, особенно в штате Иллинойс, который уступает только Айове в годовом производстве. Соя - это не только здоровая еда, но и важный элемент здорового способа жизни [1].

За последние 10 лет Украина увеличила выращивание сои в 10 раз. Соя - основной источник фитоэстрогенов, поэтому очень важной является переработка цельного боба сои. Один из видов такой переработки - сушка сои и получение фитоэстрогенного порошка. (рис.1)

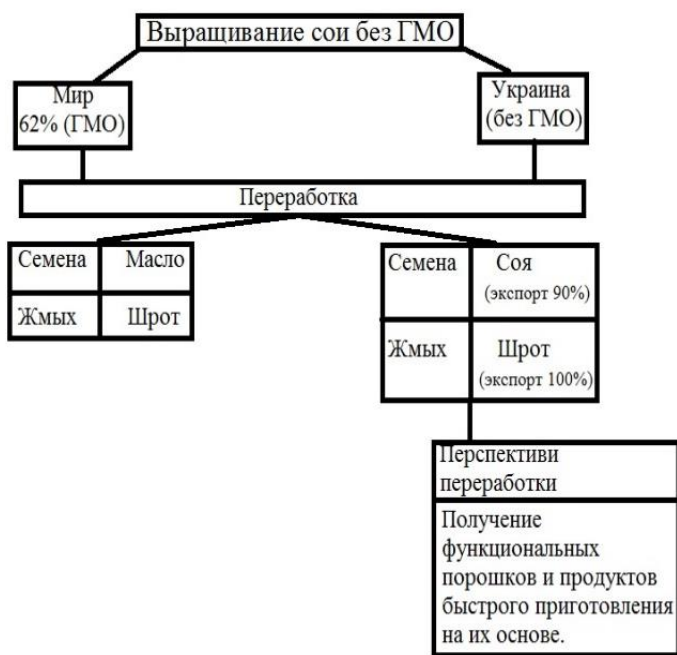


Рис.1. Перспективы выращивания и переработки сои

Существует четкая корреляция между переваримостью соевых белков и активностью ингибиторов трипсина и альфа- химотрипсина в соепродуктах. Ингибиторы протеиназы значительно снижают переваримость белка путем снижения активности панкреатических ферментов [2].

История сои прослеживается с Китая, где она считалась священным видом зерна, важное значение которого в качестве пищевого продукта и медицины. Другая часть мира вскоре обнаружила достоинства этого универсального растения, в том числе его ценных белков и растительных жиров. Соевые бобы также имеют антиоксиданты и фито-эстрогены [1].

Изофлавоны также стимулируют выработку коллагена, типа белка, который обеспечивает прочность, гибкость и упругость кожи.

Токоферол (витамин Е) - еще один антиоксидант в соевых бобах. Мы все знаем, как полезен витамин Е для здоровой кожи. Витамин Е защищает клетки кожи от воздействия окружающей среды, которые повреждают кожу. Токоферол также имеет свойства антистарения.

Есть несколько продуктов, в которых соя - основной компонент, а уровень и наличие этих природных антиоксидантов зависит от того, как обрабатывается соя [2].

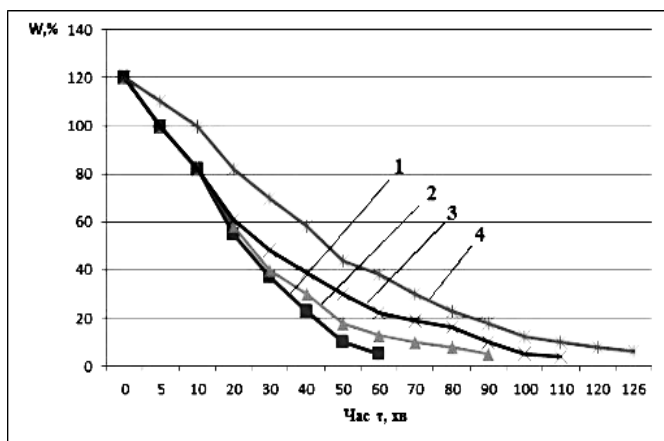
В ряде работ отмечается, что у некоторых людей и животных отмечается аллергическая реакция на соевые белки. Показано, что аллергенными свойствами обладают ингибитор Кунитца; фракции глобулинов 2S, 7S и 11S определены как Glum Bd 30 K аллергены семян сои с молекулярной массой 34 кДа [2].

Таблица 1.

Соевый продукт	Переваримость белков(%)
Поджаренная соя	78
Ферментированная соя (натто)	90
Тофу	91
Вареные соевые бобы	92
Замороженное соевое тофу	93
Соевый белок (юба)	100

Однако, отмечается, что термическая обработка соевых продуктов разрушает белковые компоненты, обладающие аллергенными свойствами. Применяют также ферментативную, химическую обработку (1M H₂SO₄) для разрушения белков с молекулярной массой 34 кДа [3].

Было проведено экспериментальные исследования по сушке соево-морковной смеси в диапазоне температур теплоносителя от 80 до 120°C, результаты которых показаны на рис. 2 кривыми кинетики обезвоживания. Совместный анализ полученных данных показал, что процесс сушения бинарной смеси проходит во втором периоде. В меру углубления зоны испарения в середину материала температура его поверхности повышается, а скорость влагоотдачи уменьшается. Продолжительность сушения материала



в режиме теплоносителя 120 °С наблюдается резкое повышение температуры материала, и после того как материал достигает температуры 70 - 80 °С, он резко темнеет и портится его внешний вид [4].

На начале процесса (рис. 2) температура теплоносителя равняется 120 °С. Через 15-20 мин сушки температуру теплоносителя понижают до 100 °С (кривая 2 на рис. 2), а ещё через 20 мин температуру теплоносителя понижают до 80 °С (кривая 3 на рис. 2). Для сравнения на рис. 5 показаны кривые сушки соево-морковной смеси при 120 °С (кривая 1) и 80 °С (кривая 4). Сушеная смесь, полученная за режимами (кривые 2,3,4) имела светло-жёлтый цвет, со вкусом свойственным исходным ингредиентам.

Рис. 2. Кривые сушки соево-морковной смеси по ступенчатому режиму.

Итак, использование высокотемпературного носителя с целью интенсификации процесса ограничивается спецификой исследуемого материала. Обобщение кривых кинетики сушки в полулогарифмической системе координат за методикой В.В. Красникова позволило определить критические влажосодержания бинарных смесей. Первое критическое влажосодержание 45 - 60, а второе 18 - 25% влажности материала и зависит от условий проведения эксперимента.

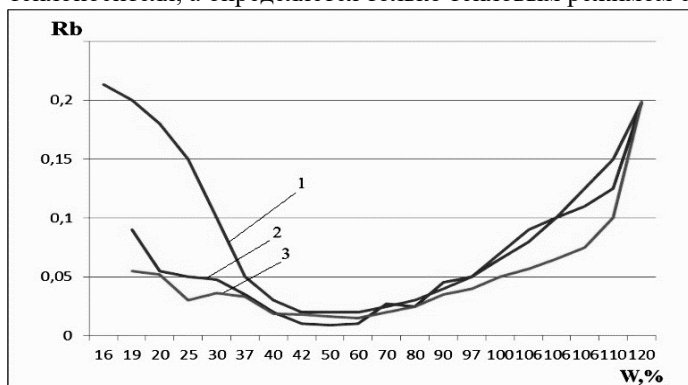
Исходя из результатов кинетики влажосодержание легко перейти к расчёту кинетики теплообмена бинарных смесей с целью определения оптимальных режимов сушки. Способом графического дифференцирования - кривых $t-W$ рассчитано значение температурного коэффициента сушки $b = 100dt / dW$,

и числа Ребиндера $Rb = \frac{C}{r} \frac{dt}{dW} \cdot 100$, где C - теплоёмкость материала; r - удельная теплота испарения.

Кроме этого, построены зависимости $Rb = f(W)$. Характер их изменения по разным режимам сушки оказался аналогичным (рис.3).

При достижении критического влажосодержания $W = 45 - 55\%$ число Rb начинает увеличиваться, что свидетельствует о том, что большая часть тепла теряется на нагрев материала, а не на выпаривание из него влаги. Это обстоятельство доказывает необходимость понижения температуры теплоносителя при достижении материалом критического влажосодержания $W = 45 - 60\%$. Итак, нет смысла под-

держивать высокую температуру теплоносителя на последней стадии процесса обезвоживания. Обработка экспериментальных данных доказала, что число Рейндера не зависит от скорости и влагосодержания теплоносителя, а определяется только тепловым режимом сушки.



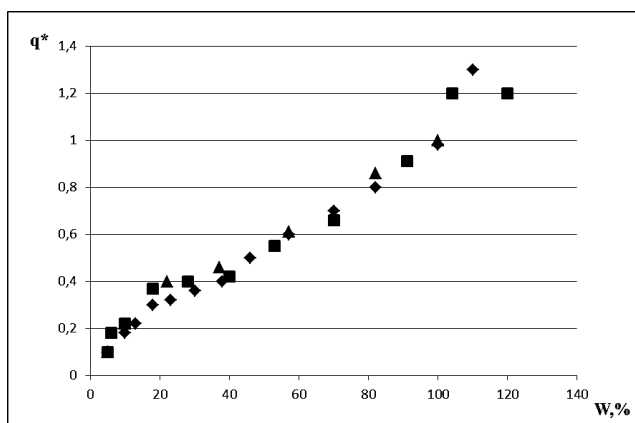
Температура теплоносителя t , °C:
1 - 120, 2 - 100, 3 - 80.

Рис. 3. Изменение числа Рейндера в процессе обезвоживания соево-морковной смеси: $V=2$ м/с; $d=10$ г/кг с.п.; гранулы размером 10 x 10 x 65 мм; соотношение сои и моркови 1:1.

При помощи числа Рейндера установлена связь между теплообменом и влагосодержание во время сушки $q^* = N^*(1 + Rb)$, где q^* - обобщенная плотность теплового потока; N^* - максимальная обобщенная скорость процесса сушки.

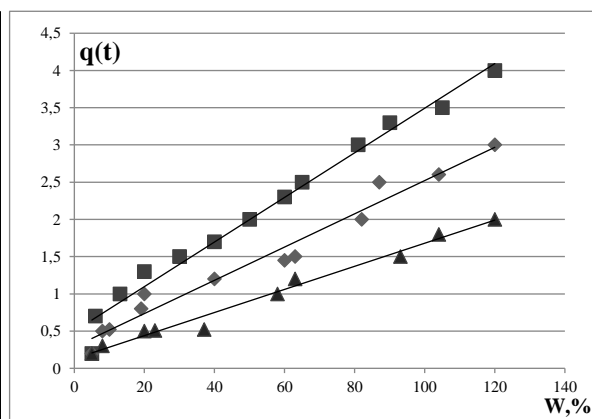
Относительная величина q^* графически показана на рис. 3. Используя зависимость $qr = q^*/q_0$, где q_0 - плотность теплового потока на начале процесса сушки.

Рассчитаны значения плотности теплового потока для разных температурных режимов (рис. 5).



Температура теплоносителя t , °C:
квадрат - 120, ромб - 100, треугольник - 80.

Рис. 4. Обобщенная плотность теплового потока.



Температура теплоносителя t , °C:
квадрат - 120, ромб - 100, треугольник - 80.

Рис. 5. Изменение плотности теплового потока при сушке соево - морковной смеси: $V=2$ м/с.

Как видим, во время удаления влаги из материала плотность необходимого теплового потока уменьшается. При этом наибольшее значение отвечает самому интенсивному режиму сушки.

Выводы. Проведённые исследования дают возможность сделать вывод, что оптимальным режимом сушки должен быть режим, при котором температура материала не превышает 70 - 80 °C.

С понижением влагосодержания уменьшается величина Рейндера (Rb), то есть тепло во время сушки большей степенью тратится на испарение влаги из материала, чем на его нагрев.

Подтверждена необходимость понижения температуры теплоносителя на конечной стадии процесса сушки, это безусловно позитивно влияет и на качество сушёного материала.

За итогами проведённых исследований разработаны ступенчатые режимы сушки соево - морковной смеси, при которых температура теплоносителя изменяется во время сушки.

Предложенные ступенчатые режимы позволили уменьшить энергетические затраты на сушку, сократить время сушки и, как следствие, максимально сохранить качество состава смесей, получить продукт с высокими потребительскими свойствами долгого срока хранения.

Литература

1. Нумовитц Т. The History of the Soybean. Department of Crop Sciences, University of Illinois, Urbana-

Champaign, IL 61801, 2015. P. 1–31.

2. Снежкин Ю.Ф., Петрова Ж.А. Тепломасообменные процессы во время получения каротиносодержащих порошков. Киев: ВД «Академперіодика», 2007. 162 с.
3. Снежкин Ю.Ф., Петрова Ж.А., Пазюк В.М. Энергоэффективные теплотехнологии производства функциональных пищевых порошков, Винница: ВНАУ, 2016. 458 с.
4. Петрова Ж.А., Слободянюк Е.С. Исследование кинетики сушки соево-морковной композиции. // Киев: НУХТ, материалы 83 международной научной конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научные достижения молодёжи – решение проблем питания человечества в XXI столетии», часть 2, 5-6 апреля 2017. С. 159.

References

1. Theodore Nymowitz. (2015). The History of the Soybean. - Department of Crop Sciences, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL 61801, 1–31.
2. Snezhkin Yu.F., Petrova Zh.A. (2007). Teplomasoobmennyye protsesy vo vremya polucheniya karotinosoderzhashih poroshkov. Kiev, «Akademperіodika», 162.
3. Snezhkin Yu.F., Petrova Zh.A., Pazyuk V.M. (2016). Energoeffektivnyie teplotehnologii proizvodstva funktsionalnyih pischevyih poroshkov. Vinnitsa, 458.
4. Petrova Zh.A., Slobodyanyuk E.S. (2017). Issledovanie kinetiki sushki soevo-morkovnoy kompozitsii. – Kiev: NUHT, materialy 83 mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodyih uchenyih, aspirantov, studentov «Nauchnyie dostizheniya molodyozhi – reshenie problem pitaniya chelochestva v XXI stoletii», chast 2, 5-6, 159.

УДК 532.528

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПУЗЫРЬКОВОГО КЛАСТЕРА В ПРОЦЕССАХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ

Иваницкий Г.К., д-р техн. наук, ведущий. научн. сотр.
Институт технической теплофизики НАН Украины

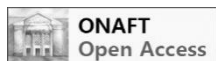
NUMERICAL INVESTIGATIONS OF BUBBLE CLUSTER BEHAVIOR IN HYDRODYNAMIC CAVITATION PROCESSES

Ivanitsky G.K.,
Institute of Engineering Thermophysics of NAS Ukraine

Copyright © 2017 by author and the journal “Scientific Works”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Аннотация. В настоящей работе освещаются различные аспекты гидродинамической кавитации, включая базовый механизм, анализ динамики единичного пузырька и кавитационного кластера с рекомендациями по оптимальным рабочим параметрам. Разрабатываемые в рамках этого направления технологии и оборудование могут быть использованы в различных отраслях пищевой промышленности.

Abstract. In recent years there has been a trend of widespread use of hydrodynamic cavitation in food technologies for the intensification of various processes and for local energy effects on the structure of raw materials and biological objects. The investigations were carried out with the aim of studying the physical nature of cavitation mechanisms, and also elucidating the influence of various factors on the kinetics of cavitation processes and on the intensity of dynamic cavitation effects. In water, under normal conditions, a large number (of order 10^{13} m^{-3}) of vapor-gas nuclei with diameters of 10^1 - 10^3 nm stably exists in equilibrium with the liquid. To initiate the growth of these micro-bubbles and to form a cavitation cluster, it is necessary to create strong tensile stresses in the liquid, i.e. reduce external pressure to negative values. It has been found an analytical relationship between the value of the minimum critical pressure, the bubble radius and the temperature of the liquid. Using the previously developed mathematical model of bubble ensemble dynamics, which takes into account the force interaction between the bubbles, the behavior of the cavitation clusters during its existence, including the initial stage of growth and the final stages of compression and collapse, has been analyzed. The amplitudes of the acoustic pulses emitted both by individual bubbles and the cluster as a whole at the final stage of the collapse was calculated, that allows the estimation of the micro-scale energy impact of cavitation action on the raw mate-