

- А.С. Алгоритмы диагностики тепловых нагрузок летательных аппаратов/ Под ред. В.П. Мишина.- М.: Машиностроение, 1983.- 168 с.
3. Круковский П.Г. Обратные задачи тепломассопереноса (общий инженерный подход). Киев, Институт технической теплофизики НАН Украины, 1998, 224 с.
4. Фадеев Д.К., Фадеева В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры.- М.: Л.: Физматгиз, 1963.- 736 с.
5. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач.- М.: Наука, 1987.- 286 с.
6. Справочник по производству гипса и гипсовых изделий/ Под ред. К.А. Зубарева.- М.: Стройиздат, 1963.- 464 с.
7. Кремнев О.А., Пиевский И.М. Тепломассообменные процессы в производстве гипсовых и гипсобетонных строительных материалов.- К.: Наукова думка, 1989.- 188 с.

Получено 11.10.2004 г.

УДК 664.38, 637.181

ШАРКОВА Н.А., ЖУКОТСЬКИЙ Е.К., ГРИЩЕНКО Г.В.

Ин-т технічної теплофізики НАН

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СОЄВИХ ПРОДУКТІВ

В статті представлені результати досліджень по розчинності білків сої та кінетики інактивації інгібітора трипсина при отриманні водного екстракту сої з метою створення технології виробництва соєвих напоїв.

В статье представлены результаты исследований по растворимости белков сои и кинетики инактивации ингибитора трипсина при получении водного экстракта сои с целью получения технологии производства соевых напитков.

In order to work out a soy beverages producing technology the results of investigation of soy-protein solubility and inhibitor tripsine inactivation cinetics at water extract obtaining are presented in paper.

$E_n$  – початковий вміст інгібітору трипсину, %;  
 $E_k$  – кінцевий вміст інгібітору трипсину, %;  
 $E_t$  – поточне значення вмісту інгібітору трипсину, %;  
 $N_{max}$  – максимальна швидкість інактивації трипсину, %;

$n$  – показник, який залежить від властивостей матеріала;  
 $T_c$  – температура обробки соєвої суспензії, °C;  
 $\tau$  – час, хв.;  
 $\varphi$  – коефіцієнт пропорційності.

### Вступ

Одним із основних напрямків покращення оздоровчого ефекту в харчуванні являється створення технологій виробництва продуктів на основі високобілкової рослинної сировини, зокрема із сої. Висока біологічна цінність цієї бобової культури, унікальний хімічний склад та високі функціональні властивості відомі та використовуються давно.

Аналог коров'ячого молока – «соєве молоко» – водний екстракт сої не містить лактози та алергенів, характеризується високою харчовою цінністю та легко засвоюється. З медико-біологічних позицій воно має ту перевагу, що його склад можна змінювати в широких межах у відповідності з вимогами раціонального харчування, включаючи дієтичне та дитяче [1]. «Соєве молоко» являється основою для цілої низки продуктів оздоровчої дії

– овочевих та фруктових напоїв, десертів, кремів, тофу, тощо.

### Цілі дослідження

В ІТТФ НАН України проводяться науково-дослідні роботи по створенню технологій та обладнання для виробництва нових спеціалізованих продуктів оздоровчо-профілактичного призначення на соєвій основі. При цьому важливо максимально зберегти біологічну цінність білків та інактивувати антипоживні речовини [2,3]. Одним із основних показників якості білка, що обумовлює його фізико-хімічні та реологічні властивості являється розчинність. Вона залежить як від фракційного складу білків, так і від технологічних режимів обробки продукту.

Білок сої гетерогенний. В залежності від сорту він на 88-95 % представлений водорозчинною фракцією, до складу якої входять 8-24 % альбумінів, 59-81 % глобулінів, 5-7 % глютелінів. Із бобів сої водою може бути вилучено до 92 % білків. Вода як розчинник білка доступна, дешева та досить легко регенерується. Фракційний склад білків зрілого насіння сої у відсотках від загальної кількості білкового азоту, що екстрагується розчинником, представлений в таблиці. При отриманні соєвої суспензії – основи водного екстракту сої, важливим фактором являється температура попередньої волого-термічної обробки насіння сої. В проведених нами дослідженнях при замочуванні соєвих бобів у воді при температурі 20 оС на протязі 12 год (вологість сої 60 %) було екстраговано 86 % білка, при замочуванні соєвих бобів у воді з температурою 80 оС на протязі години (вологість сої 55 %) екстрагувалось лише 58 % білка.

Вихід соєвої суспензії, її густина та склад значно залежить від режимних і технологічних параметрів. При цьому особлива увага приділяється інактивації антипоживних речовин: інгібітора трип-сина і хімотрипсина, гемаглютіна та ін. Волого-теплова обробка являється важливим технологічним етапом, за рахунок якої відбувається інактивація антипоживних речовин, денатурація більшості білків, підвищується біологічна цінність продукту, покращується його смак та запах. Оскільки найбільш термостійким із всіх антипоживних речовин являється інгібітор трипсина, то про наявність антипоживних речовин судять по його вмісту в продуктах після термообробки. Соєвий білок вважається повноцінним, в якому активність інгібітора трипсина знижена на 90 % [1]. До цього моменту інші антипоживні речовини сої інактивовані повністю. Вміст інгібітора трипсина в досліджуваних зразках лежав в межах 50-100 мг/г білка. Для оцінки теплової дії були проведені дослідження впливу термообробки соєвої суспензії на вихід сухих речовин та інактивації інгібітора трипсина, які проводились на установці розробленій в ІТТФ НАН України.

### Методи досліджень

Для отримання соєвої суспензії попередньо замочені у співвідношенні соя - вода 1:1 соєві боби завантажувались в установку з додаванням води для створення гідромодуля 1:9. Подрібнення продукту та його нагрівання проводились в одному герметично закритому об'ємі. Нагрів продукту здійснювався безпосереднім контактом і змішуванням з теплоносієм – водяною парою із швидкістю 18-20 °С/хв. Після досягнення робочої темпе-

Таблиця. Фракційний склад білків зрілого насіння сої (% від загальної кількості білкового азоту)

Об'єкт дослідження	Альбуміни	Глобуліни		Глютеліни
	вода	Вода	1М NaCl	0,2 % NaOH
Ціле насіння	9,5	75,8	3,0	11,7
Зародок	17,3	65,0	1,7	16,0
Сім'ядолі	10,2	73,0	3,7	13,1

ратури починали відбирати проби зразків для визначення вмісту інгібітора трипсину за стандартною методикою.

Вмонтовані датчики (хромель-копельова термомопа), виведені на вторинний прилад, дозволяли контролювати та регулювати температуру обробки.

### Обговорення результатів

На рис. 1 приведені результати досліджень по інактивації інгібітора трипсина після обробки соєвої суспензії в апараті при температурах 100, 105, 110 та 120 °С.

Як видно із отриманих дослідних даних із збільшенням температури обробки соєвої суспензії процес інактивації інгібітору трипсину прискорюється. Так, наприклад, при температурі 100 оС процес інактивації інгібітора трипсина тривав 30 хв, а при температурі 110 оС – 7 хв.

Для розробки методів розрахунку процесу інактивації інгібітору трипсину водної суспензії необхідно встановити залежність швидкості інактивації інгібітору трипсину від температури обробки матеріалу. Якщо така закономірність встановлена, то існує можливість розробити методику розрахунку тривалості процесу обробки соєвої суспензії при різних режимах.

На рис. 2 представлені криві швидкості процесу інактивації інгібітора трипсина в координатах  $dE/dt - E$ .

Як видно із рис. 2 інактивація інгібітора трипсина відбувається при зменшенні швидкості інактивації.

Для опису процесу інактивації інгібітора трипсина в найбільш загальному вигляді можна використати рівняння виду [4]:

$$dE = - N_{\max} \varphi [(E_{\text{п}} - E_{\text{к}})/(E_{\text{т}} - E_{\text{к}})]^n dt \quad (1)$$

Для розрахунку швидкості інактивації інгібітору трипсину за рівнянням (1) необхідно встановити залежність  $N_{\max}$  від температури обробки соєвої суспензії  $N_{\max} = f(T_c)$ .

На рис. 3 приведені дослідні дані максимальної швидкості інактивації інгібітору трипсину від температури обробки соєвої суспензії в логарифмічних координатах. Із рис. 3 видно, що крива  $N_{\max} = f(T_c)$  являє собою пряму, рівняння якої:

$$N_{\max} = 2,7 T_c - 258. \quad (2)$$

Показник степеня  $n$  в рівнянні 1, що характеризує властивості матеріалу, визначається як кутовий коефіцієнт прямої, яка побудована в логарифмічних координатах функції  $\psi = f(E_{\text{п}} - E_{\text{к}})$ ,

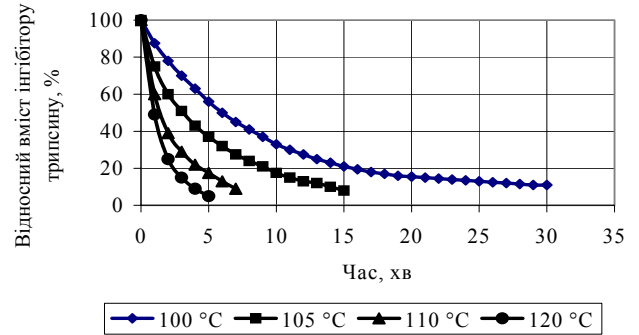


Рис. 1. Залежність інактивації інгібітору трипсину від температури теплової обробки соєвої суспензії.

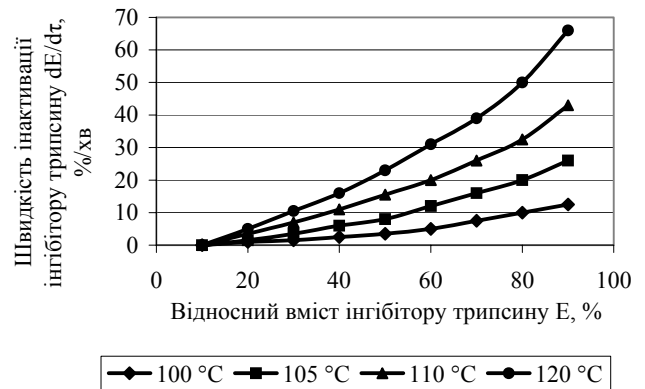


Рис. 2. Швидкість інактивації інгібітору трипсину в залежності від температури.

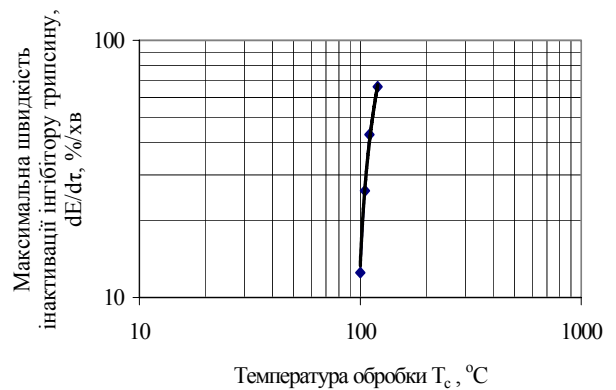
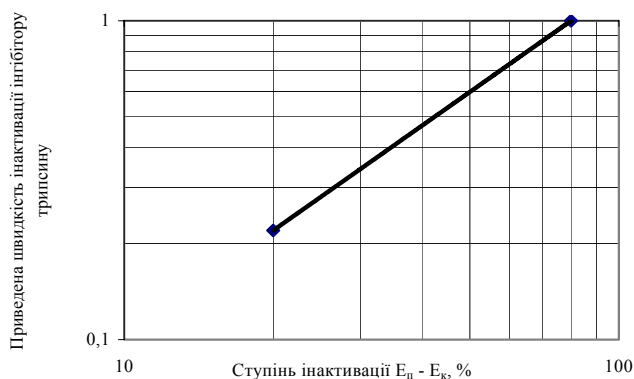


Рис. 3. Залежність максимальної швидкості інактивації інгібітору трипсину від температури.



**Рис. 4. Залежність приведеної швидкості інактивації інгібітору трипсину від ступеню інактивації.**

де:  $\psi = 1/N_{\max} dE / d\tau$  – приведена швидкість інактивації інгібітора трипсина.

Для визначення показника степеня  $n$  і коефіцієнта  $\phi$ , була побудована залежність приведеної швидкості інактивації інгібітора трипсина від ступеня інактивації.

Із узагальненої кривої приведеної швидкості інактивації інгібітора трипсина на рис. 4. видно, що вона являє собою пряму з коефіцієнтом нахилу  $n = 1,1$  та  $\phi = 0,043$ .

Після інтегрування рівняння 1 та відповідних математичних перетворень отримаємо розрахункове рівняння:

$$\tau = 1/\phi N_{\max} [(E_p - E_k)^{n-1} - (E_t - E_k)^{n-1}] / (n-1), \quad (3)$$

або із врахуванням отриманих значень  $N_{\max}$ ,  $n$  та  $\phi$ :

$$\tau = (E_p - E_k) 0,1 - (E_t - E_k) 0,1 / 0,0043 (2,7 T_c - 258). \quad (4)$$

### Висновки

Наведені результати досліджень екстракції водних фракцій білка сої в залежності від температури замочування дозволили оптимізувати режими попередньої обробки соєвого насіння.

Отримані залежності для максимальної швидкості інактивації інгібітора трипсина від температури обробки соєвої суспензії і залежності для розрахунку часу інактивації (рівняння 2 і 4) дозволяють розрахувати процес в широкому діапазоні параметрів термообробки соєвої суспензії.

Результати розрахунків були використані при розробці технології та технологічного обладнання отримання соєвих напоїв та десертів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Толстогузов В.Б. Новые формы белковой пищи (Технологические проблемы и перспективы производства).- М.: Агропромиздат, 1987.- 72 с.
2. Преподобный В.М., Шаркова Н.А., Авдеева Л.Ю. Особенности технологии производства соевых напитков // Промышленная теплотехника, Киев.- 2003.- Т. 25.- № 4 (приложение к журналу).- С. 180-181.
3. Клименко Н.М., Шаркова Н.О., Авдеева Л.Ю. Надійне джерело білка// Харчова і переробна промисловість, Київ.- 2001.- грудень.- С. 22-23.
4. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов.- М.: «Пищевая промышленность», 1973.- 264 с.

Одержано 11.10.2004 р.