

профіль, которому відповідають значення $m = 0, n = 1, l = 2$ і інші профілі, отримані перестановкою постійних m, n, l .

Розглянемо питання про граничні умови для досліджуваного роду функцій. При відповіді на це питання слід розрізняти два випадки: перший – коли граничні умови на торцях щелевого каналу реалізуються функціями, не належачими до досліджуваного роду; другий – належачими. В першому випадку слід вважати відомими чотири довільні функції в точках $x=0$, і $x=L$ (координати початку і кінця щелевого каналу), які залежать від змінної ξ_γ . У рівняннях в'язкопластичного течія представляють собою систему рівнянь для трьох невідомих функцій: компонентів швидкості v_x, v_y і тиску P . Виключення тиску призводить до підвищенню порядків системи рівнянь на одиницю. Приймаючи до уваги характер залежності довільної швидкості від коефіцієнтних функцій a, b, c , залежність функцій і від ξ згідно формул (3) і зв'язу між w і u можна зробити висновок про те, що використання одного трохчленного елемента виду (2) надає одинадцять довільних постійних. Число одинадцять випливає з того, що в визначенні функції u входять дві постійні: в визначенні величини w – одна; і в визначенні v – дві постійні. Підстановка швидкості v_x відносно величини γ має шостий порядок. Три постійні – це m, n, l . Всього, таким чином, є одинадцять постійних. На торцях

щелевого каналу задані швидкості v_x і v_y умовами нерозривності потоку. Якщо є апроксимація з N вузлів, то на торцях отримується $4N - 2$ умов. Кількість цих умов повинна бути рівною кількості вільних параметрів, породжуваних трохчленним представленням виду (2) з K трохчленами. Для однозначного визначення всіх вільних параметрів повинно виконуватися таке рівняння:

$$4N - 2 = 11K + K \quad (6)$$

Ще K постійних є коефіцієнтами при трохчленах в ряду такого виду:

$$v_x = \sum C_K v_x^{(i)}(\xi_\gamma),$$

$$v_x^{(i)}(\xi_\gamma) = a_i \xi_\gamma^{mi} + b_i \xi_\gamma^{ni} + c_i \xi_\gamma^{li}. \quad (7)$$

В другому випадку, в якому на торцях щелевого каналу задані функції v_x і v_y , отримуються граничні умови для величин a, b, c в точках $x=0$ і $x=L$. Всього таких умов шість. Цим умовам можна задовольнити, якщо врахувати, як було сказано вище, що рішення рівнянь течія для величини γ призводить до відповіді, що містить шість довільних постійних. Отже, з граничних умов всі ці постійні можуть бути визначені.

Таким чином, виходячи з вищевикладеного, роду функцій (2) і його узагальнення (7) достатньо представити, оскільки воно містить мономи змінної x в цілих, а також, і нецілих степенях. Це означає, що воно з достатньою точністю спроможно представити майже будь-які граничні умови на торцях щелевого каналу.

Поступила 03.2010

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гогос К., Тадмор З. Теоретичні основи переробки полімерів. – М.: Хімія, 1984. – 628 с.
2. Геррман Х. Шнекові машини в технології. – Л.: Хімія. Лен. отд., 1975. – 229 с.
3. Кузнецов О.Я. Реологія харчових мас. Оренбург, 2005. – 234 с.
4. Ясногородський А.Я., Звєздин А.Г. Многоцелевые двухшнековые машины для перерабатывающих технологий. – Х.: Прапор, 2006. – 184 с.
5. Фрейденталь А., Гейрингер Х. Математические теории неупругой сплошной среды. – М.: ГИТТЛ, 1962. – 432 с.
6. Канторович Л. В., Крылов В. И. Приближенные методы высшего анализа. – М. – Л.: ГИТТЛ, 1949. – 695 с.
7. Михлин С. Г. Вариационные методы в математической физике. – М.: Наука. ГРФМЛ, 1970. – 512с.
8. Ректорис К. Вариационные методы в математической физике. – М.: Мир., 1985. – 590 с.

УДК 66.06

ПОНОМАРЕНКО В.В., канд. техн.наук., ГАРМАТИЙ Я.В., студент

Національний університет харчових технологій, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЦУКРОВОГО РОЗЧИНУ

Стаття присвячена питанням обробки цукрового розчину електричним полем напруженістю 75 – 150 В/см. Створено дослідну установку і проведені досліді, які дозволили виявити вплив електричного поля на якісні показники цукрового розчину. Запропонований спосіб очищення цукрового розчину в електричному полі.

Ключові слова: цукровий розчин, електричне поле, електро-статичний стакан, чистота.

The article is devoted to problems processing sugar solution of electric field strength of 75 - 150 V / cm. An experimental setup and performed experiments, which allowed to detect the influence of electric field on the quality of the sugar solution. The proposed method of cleaning solution of sugar in an electric field.

Keywords: sugar solution, the electric field, electrostatic glass cleanliness.

Крім традиційних способів використання електричної енергії (освітлення, електроприводи, електрозварювання і т. п.), все більше використання вона знаходить в технологічних процесах різних галузей про-

мисловості. Однією з таких галузей є харчова промисловість, в якій використовуються такі фізичні явища, як електромагнітне поле, електричний струм, що протікає через розчин, електричне поле, а одним із позитивних впливів цих явищ на харчові продукти є збільшення термінів їх придатності [1,2].

Дія магнітного поля на цукровий розчин дозволяє збільшити чистоту цукрового розчину, зменшити випадіння осаду на поверхнях нагріву випарних апаратів [1].

Позитивний ефект пояснюється коагуляцією електрозаряджених частинок-нецукрів внаслідок взаємодії власного магнітного поля частинки з зовнішнім магнітним полем і подальшим видаленням конгломерату з розчину.

Таблиця 1

Якість соку

Час обробки, хв.	Сік до обробки					Сік після обробки			
	Цк	Ср	Ч	pH	Т-ра соку	Цк	Ср	Ч	pH
5	11,24	13,00	86,46	5,45	53	11,22	13,00	86,31	5,3
10	11,24	13,00	86,46	5,45	53	11,26	13,00	86,61	5,45
15	11,24	13,00	86,46	5,45	53	11,24	13,00	86,46	5,40
20	11,24	13,00	86,46	5,45	53	11,26	13,00	86,61	5,45

Недоліком такого способу очищення цукрових розчинів є незначне підвищення чистоти розчину, що обробляється, тому що власне магнітне поле нецукрів має мале числове значення і процеси коагуляції протікають занадто повільно. Крім того, для створення магнітних полів високої напруженості потрібні котушки великої індуктивності, які потребують великих затрат електроенергії для створення магнітних полів відповідної величини.

Найбільш дослідженим в цукровій промисловості є процес обробки електричним полем бурякової стружки і сокостружкової суміші [3], соку другої сатурації [4.5]. Така електрообробка дозволяє більш повно екстрагувати цукор із бурякової стружки та отримати цукрові розчини вищого ступеня очищення.

Механізм дії електричного поля полягає в наступному. При електрообробці стружки і сокостружкової суміші під дією електричного струму більша частина клітин денатурує. При цьому полегшується перехід сахарози з клітин буряка у воду, а також забезпечується незворотна електрокоагуляція речовин колоїдної дисперсності і високомолекулярних сполук всередині клітини і в дифузійному соку, що і обумовлює вищий ступінь добування цукру з бурякової стружки.

Обробка цукрового розчину електричним стру-

мом електричного поля при електрообробці цукрових розчинів є напруженість в 10 В/см.

Відмічені роботи з електрообробки бурякової стружки і цукрових розчинів припускають проходження електричного струму. Витрати електроенергії при цьому досягають значної величини (7 – 40 кВт/м³ соку в залежності від режиму електрообробки і кінцевого результату, який при цьому досягається), що є значним недоліком електротехнологій обробки цукрових розчинів.

Одним із пріоритетів сучасної економіки є зменшення витрат електричної енергії на проведення технологічних процесів. Це стосується як пристроїв для перетворення електричної енергії в інші види, так і безпосередньої дії самого електричного поля на харчові продукти.

Спосіб електрообробки цукрових розчинів [6] електричним полем високої напруженості, яке створюється між ізольованими від цукрового розчину електродами, котрий нами пропонується, дозволяє досягти порівнянн і вищі результати збільшення чистоти цукрового розчину, ніж при обробці соку відкритими електродами і низькій напруженості електричного поля. Розширені межі напруженості електричного поля, які можливо використовувати при електрообробці.

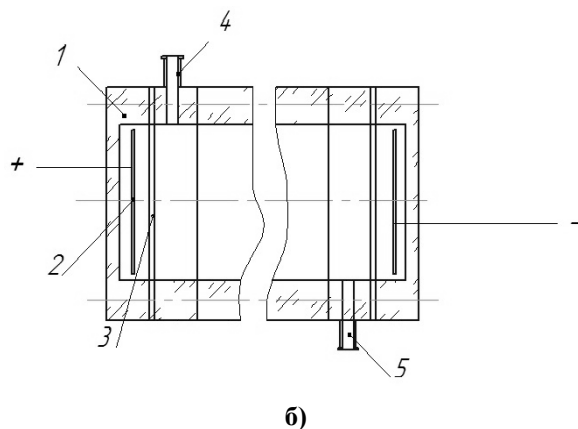
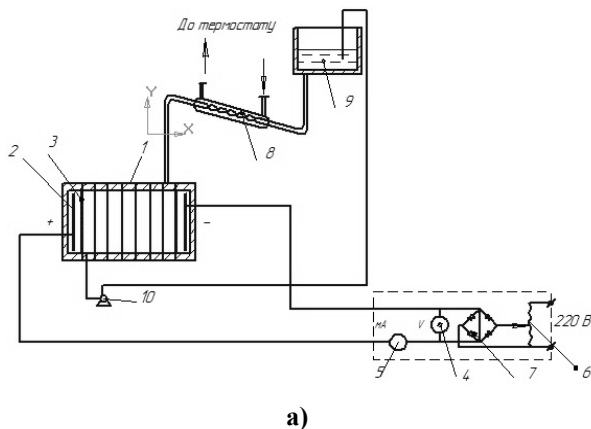


Рис. 1 Дослідна установка

мом в реакторі викликає електрофоретичний рух частинок нецукрів у розчині і концентрацію їх біля електродів, де вони, вступаючи в реакцію, частково виводяться з розчину. Це призводить до більш повного очищення цукрових розчинів від нецукрів і збільшення їх чистоти. Електрообробка проходить при напруженості електричного поля 5 – 10 В/см. Відмічається, що збільшення напруженості електричного поля вище 10 В/см до підвищення чистоти не приводить оскільки відбувається пасивація електродів, зниження напруженості поля і, як наслідок, зниження ефективності електрообробки. Тому верхньою межею напруже-

Важливим результатом є і те, що при цьому значно знижені затрати електроенергії на обробку цукрових розчинів. Для виявлення впливу електричного поля на властивості цукрового розчину була створена установка (рис. 1,а), основним елементом якої був електростатичний стакан 1 з розміщеними в ньому електродами 2, які ізольовані від цукрового розчину мембранами 3. На електроди подавався струм постійної величини через автотрансформатор ЛАТР-1М 6 і діодний місток 7, виконаний з діодів Д-246А. Електричний потенціал на мембранах і струм, який при цьому

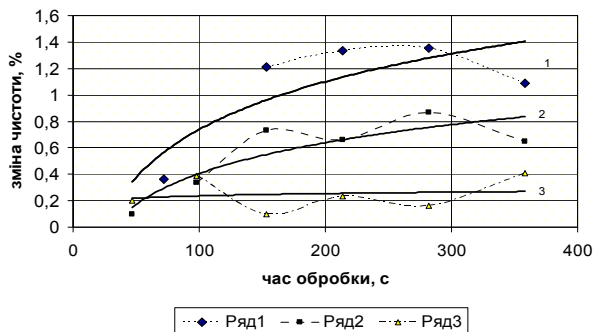


Рис. 2 Залежність зміни чистоти цукрового розчину від часу обробки при $E=17$ В/см, $I=0,1$ А: ряд 1 – $\chi=86,5$; ряд 2 – $\chi=86,39$; ряд 3 – $\chi=87,57$

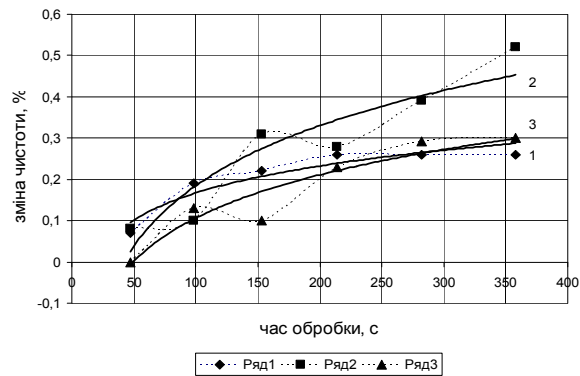


Рис. 3 Залежність зміни чистоти цукрового розчину від часу обробки при $E=17$ В/см: ряд 1- $\chi_{\text{поч.}}=83,98$; ряд 2- $\chi_{\text{поч.}}=83,14$; ряд 3- $\chi_{\text{поч.}}=83,5$

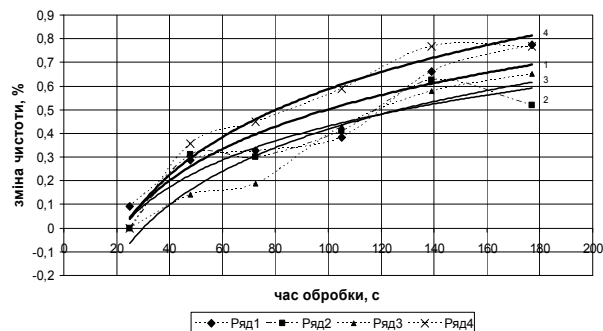


Рис. 4 Залежність зміни чистоти цукрового розчину від часу обробки при $E=33$ В/см: ряд 1 – $\chi=83,03$; ряд 2 – $\chi=84,09$; ряд 3 – $\chi=84,82$; ряд 4 – $\chi=84,2$

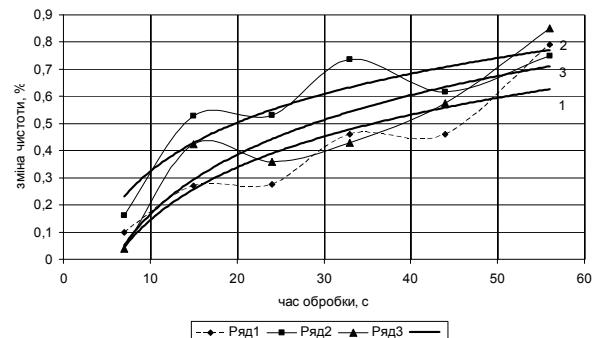


Рис. 5 Зміна чистоти цукрового розчину від часу обробки при: $E=110$ В/см: ряд 1 – $\chi=83,03$; ряд 2 – $\chi=84,09$; ряд 3 – $\chi=84,82$

протікав, вимірювався вольтметром 4 і міліамперметром 5. Цукровий розчин циркулював через електростатичний стакан 1, термостат 8, проміжну ємкість 9 за допомогою циркуляційного насоса 10. Електростатичний стакан показаний на рис. 1,б. Він являє собою циліндр, набраний з елементів 1 товщиною 20 мм кожний та стиснутий між собою гвинтами. Між кожним елементом установлена прокладка товщиною 1 мм. На торцях стакана закріплені сталеві плоскі пластинки 2, які виконували роль електродів. Пластини ізольовані від цукрового розчину діелектричними мембранами 3. Цукровий розчин поступав у патрубок 4 і виводився через патрубок 5 електростатичного стакана. Така конструкція стакана дає змогу змінювати напруженість електричного поля, яка створюється між електродами, та час перебування цукрового розчину, при зміні кількості елементів, що утворюють електростатичний стакан.

Порядок роботи на установці наступний. Цукровий розчин, що підлягав обробці, відбирався у відповідних місцях цукрового заводу (дифузійний сік – після мезговловлювача, сік першої сатурації – з переливного ящика апарата першої сатурації) в кількості 1500 мілілітрів і заливався в проміжну ємкість 9 (рис. 1,а).

Включався циркуляційний насос 10 і сік прокачувався через термостат 8 до того часу, поки температура цукрового розчину не стабілізувалась. Відбиралась перша проба цукрового розчину і аналізувалась на вміст сухих речовин (Ср), цукру (Цк), рН, визначалась чистота цукрового розчину (Ч). Потім на електроди подавалась на-

пруга заданої величини і через 5 хвилин обробки відбиралась перша проба соку, яка аналізувалась за тими самими показниками. Досліди проводились впродовж 30 хвилин з відбором проб соку через кожні 5 хвилин. Після закінчення роботи з даною пробкою соку установка промивалась водою, заливалась нова порція соку і досліди повторювались.

Для виявлення можливого впливу роботи циркуляційного насоса на якість соку, котрий оброблявся, проводився відбір соку з електростатичного стакана при роботі насоса і відсутності електричного потенціалу на електродах. Дані представлені в таблиці 1.

Як видно з даних, перебування соку в електростатичному стакані впродовж всього часу експериментів при робочому циркуляційному насосі не впливає на показники соку.

Таблиця 2
Витрати питомої електричної енергії на обробку

Час обробки, с	Напруженість електричного поля, В/см	Зміна чистоти розчину, %	Витрата електроенергії, Вт	Питома витрата енергії, Вт/с
105	33	0,6	0,28	$2,7 \cdot 10^{-3}$
105	33	1,0	3,1	$29,5 \cdot 10^{-3}$
105	33	1,2	12,7	$120,1 \cdot 10^{-3}$
105	17	0,23	0,25	$2,8 \cdot 10^{-3}$
105	17	0,44	5,04	$48 \cdot 10^{-3}$
105	17	1,13	12,6	$120 \cdot 10^{-3}$
214	17	0,3	0,3	$1,2 \cdot 10^{-3}$
214	17	0,7	0,7	$23,6 \cdot 10^{-3}$
214	17	1,45	1,45	$58,9 \cdot 10^{-3}$

Механічне перемішування соку лопатками насоса не приводить до зміни його якісних показників. Похибка була в межах похибки вимірювання цукру

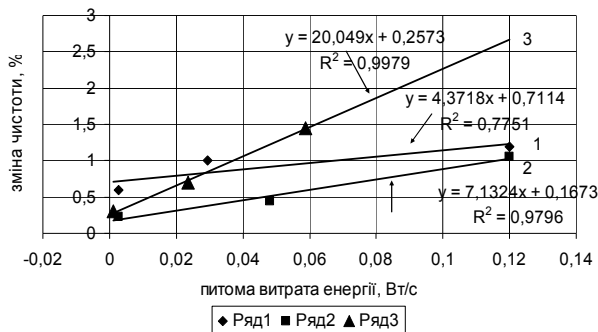


Рис.6 Залежність зміни чистоти цукрового розчину від питомої витрати електроенергії при: ряд 1 – $E = 35 \text{ В/см}$, $t_{\text{обр}} = 105 \text{ с}$; ряд 2 – $E = 17 \text{ В/см}$, $t_{\text{обр}} = 105 \text{ с}$; ряд 3 – $E = 17 \text{ В/см}$, $t_{\text{обр}} = 214 \text{ с}$

і сухих речовин в розчині.

Наступна серія експериментів була проведена при подачі на електроди, відстань між якими 125 мм, напруги в 220 В, що створювало напруженість електричного поля $E = 17 \text{ В/см}$. Через кожні 5 хвилин обробки впродовж 30 хвилин відбирались проби соку. Обробка результатів експериментів у координатах: зміна чистоти цукрового розчину – час обробки для цього випадку показано на рис. 2. Струм, який протікає через розчин $I = 0,1 - 0,025 \text{ А}$. Такий струм протікає при відділенні від розчину електродів у електростатичному стакані за допомогою катіонітових мембран. З графіка виходить, що при відділенні електродів від цукрового розчину катіонітовими мембранами і подачі на них електричного потенціалу з часом проходить збільшення чистоти цукрового розчину. Причому, чим нижча початкова чистота цукрового розчину, який піддається обробці, тим більше збільшення. Слід також зауважити, що в цьому випадку через цукровий розчин протікає значний струм. Аналогічні експерименти були проведені при відстані між електродами в 63 і 20 мм, що відповідало напруженості електричного поля, що створювалось між електродами в 33 В/см і 110 В/см. Характерні графіки залежності показані на рис. 3 і 4.

На рис. 3 показана залежність зміни чистоти цукрового розчину від часу обробки, коли електроди відділені від розчину діелектричними мембранами. Напруженість електричного поля $E = 17 \text{ В/см}$. Струм через розчин не протікає, а втрати енергії в основному залежать від якості виконаної ізоляції електродів.

На рис. 4 показана залежність зміни чистоти цукрового розчину від часу обробки при ізолюваних електродах. Напруженість електричного поля $E = 33 \text{ В/см}$. Таку напруженість отримуємо при довжині електростатичного стакана в 63 мм і напрузі на електродах 210 В.

На рис.5 показана залежність зміни чистоти цукрового розчину від часу обробки при ізолюваних

ктродах. Напруженість електричного поля $E = 110 \text{ В/см}$. (камера 20 мм і напруга на електродах 220 В).

Як уже відмічалось, важливе значення для можливості впровадження обробки цукрових розчинів електричним полем на цукровому заводі мають затрати електричної енергії. Результати розрахунку питомої електричної енергії, яка витрачається на обробку однієї тонни переробленого буряку, представлені в таблиці 2. Перевагою даного способу електрообробки цукрового розчину перед відомими є те, що внаслідок ізоляції електродів від розчину, який обробляється, витрата електроенергії мінімальна і залежать в основному від якості виконаної ізоляції і властивостей самого ізоляційного матеріалу.

Згідно цим даним побудований графік сті зміни чистоти цукрового розчину від витрати електроенергії на одну тонну переробленого буряку. Видно, що зі збільшенням часу обробки при одній і тій же напруженості електричного поля відбувається збільшення чистоти обробленого розчину.

На графіку також наведені числові залежності зміни чистоти цукрового розчину від витрати електроенергії при даному часі обробки з середнім квадратичним відхиленням.

Результати дослідження показали, що ефективність обробки цукрового розчину залежить від напруженості електричного поля і часу обробки, що збігається з літературними даними. Чим вища напруженість електричного поля і час обробки, тим більше збільшення чистоти цукрового розчину, що обробляється. Збільшення часу обробки розчину електричним полем приводить до пропорційного збільшення розмірів апарата, в якому можлива його обробка. Тому час обробки повинен бути по можливості мінімальним. Подальші дослідження впливу електричного поля на цукрові розчини будуть спрямовані на вивчення їх закономірностей з метою створення апарата для можливості обробки цукрових розчинів методом, який пропонується.

Висновки

1. Проведені дослідження впливу електричного поля на якісні показники цукрового розчину показали принципову можливість його обробки в електричному полі, що створюється ізолюваними від цукрового розчину електродами.
2. На даний метод обробки цукрового розчину отриманий патент на корисну модель №37064.
3. Розширені межі напруженості електричного поля, які можливо використовувати при електрообробці цукрових розчинів.
4. Для даного методу обробки витрата електроенергії мінімальна і залежать в основному від якості виконаної ізоляції і властивостей самого ізоляційного матеріалу.

Поступила 03.2010

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гульй І.С., Українець А.І., Мыколив І.М., Дебелинский С.Н., Билимчук Н.Л., Дашковский Ю.А. Способы увеличения сроков хранения жидких пищевых продуктов. – К.: УкрНИИНТИ Госплана Украины, 1991. с. 32. (Новое в науке, технике и пр-ве: Обзор. информ. Сер. Пром. перераб. и хранение пищ. прод.; вып.1).
2. Українець А.І. Розроблення технологій та апаратури для подовження терміну зберігання харчових продуктів. – Автореферат ... дис. д.т.н., К., 1999, с. 44.
3. Заец В.А. Влияние характеристик электрического поля на процесс экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки. Дис. ... к.т.н., К., 1986, с. 215.

4. Федоткин И.М., Жарик Б.Н., Погорельский Б.И. Интенсификация технологических процессов пищевых производств. - К.: Техніка, 1984. - 176 с.
5. Бажал И.Г., Бобровник Л.Д., Ворона Л.Г. и др. Очистка сахарных растворов электрохимическими способами. - Сах. пр-ть, 1980, № 12, с. 30 – 32.
6. Мирончук В.Г., Пономаренко В.В. Спосіб електрообробки цукрових розчинів. Патент на корисну модель № 37064, опубл. 10.11.2008, Бюл. №21.

ФЛАУМЕНБАУМ БОРИС ЛЬВОВИЧ **(1910 – 1996)**

9 июня 2010 г. исполняется 100 лет со дня рождения Бориса Львовича Флауменбаума – доктора технических наук, профессора кафедры технологии консервирования.

С именем Б.Л. Флауменбаума связана, можно сказать, целая эпоха в развитии теории и практики консервирования пищевых продуктов. Борис Львович и его коллеги-сподвижники А.Т. Марх (1900-1988), А.Ф. Фан-Юнг (1909-1988), М.Я. Дикис (1903-1979), А.Н. Мальский (1907-1994) создали научную и учебную базу специальности. По их книгам учились, учатся и будут учиться будущие инженеры пищевой промышленности.

Б.Л. Флауменбаум родился в Одессе в семье журналиста. Учился сначала в школе-семилетке, затем в двухгодичной химвпрофшколе. В 1931 г. окончил Одесский пищевой институт с квалификацией инженера-технолога.

По завершении учебы работал технорук, заведующим производством на 5-м госмаслозаводе на ст. Приколотное Южной железной дороги (Купянский район Харьковской области). После службы в Армии (1932-1933) работал заместителем заведующего отделом химтехконтроля консервного завода им. 1 Мая в Тирасполе.

В 1934 г. Борис Львович вернулся в Одессу. В 1934-1935 гг. он работал ассистентом Всесоюзного механико-технологического института консервной промышленности; в 1935-1936 гг. – инженером пищевой группы Облместпрома; в 1936-1941 гг. – старшим научным сотрудником одесского филиала Всесоюзного научно-исследовательского института консервной промышленности (ВНИИКП); в 1936-1937 гг. по совместительству руководил дипломным проектированием студентов-выпускников в Одесском технологическом институте консервной промышленности (ОТИКП).

Работая во ВНИИКП, Борис Львович принимал активное участие в разработке актуальных проблем консервного производства, подготовил и опубликовал около двух десятков статей. Итогом научно-исследовательской работы тех лет явилась защита диссертации на тему: «Извлечение сока из растительного сырья». 15 марта 1941 г. ему была присуждена ученая степень кандидата технических наук, а 21 июня 1941 г. он был утвержден в ученом звании старшего научного сотрудника по спе-

циальности «Технология консервирования».

Плодотворную творческую работу прервала война. С первых дней войны Б.Л. Флауменбаум – в рядах Красной Армии. Служил на офицерских должностях на Южном, 2-м и 3-м Белорусском и Западном фронтах, в Северной группе войск. Участвовал в боях. Закончил службу в звании инженер-майора. За боевые заслуги награжден орденами «Красной звезды», медалью «За Победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.».

По воспоминаниям однополчан Борис Львович и в военно-полевых условиях оставался ученым, использовал свои знания в области химии, вносил творческую струю в выполнение служебных заданий.

Демобилизовавшись в декабре 1945 г., Б.Л. Флауменбаум вернулся в Одессу. В январе 1946 г. он был зачислен старшим преподавателем по кафедре технологии консервирования в ОТИХП. С этого времени его жизнь и судьба на полстолетия вперед будут неразрывно связаны с кафедрой технологии консервирования (с 1969 г. – в составе ОТИПП). В марте 1948 г. Б.Л. Флауменбаум был утвержден в звании доцента.

Борис Львович – один из создателей основ подготовки инженерных и научных кадров для консервной отрасли. Им впервые был разработан курс лекций по основам консервирования и общей технологии пищевых производств. Он автор ряда учебников.

Первый учебник, написанный им в соавторстве, — «Технология консервирования плодов и овощей» (М., 1956) – выдержал 3 издания. Учебное пособие «Теоретические основы стерилизации консервов» издавалось дважды (К., 1960, 1981).

Б.Л. Флауменбаум всегда активно участвовал в работе различных форумов, в том числе и международных, неоднократно выступал с докладами: в 1966 г. – на II Международном конгрессе по науке и технике пищевой промышленности, в 1969 г. – на юбилейной сессии в Пловдивском высшем институте пищевой и вкусовой промышленности (Болгария).

В декабре 1970 г., после защиты диссертации по проблемам интенсификации технологических процессов консервирования пищевых продуктов, Б.Л. Флауменбауму была присуждена ученая степень доктора технических наук. В июле 1972 г. он был утвержден в ученом звании профессора по кафедре технологии