

Рис. 3. Кривые комбинированной СВЧ-сушки соломки свеклы: 1- экспериментальная кривая; 2 – расчетная кривая

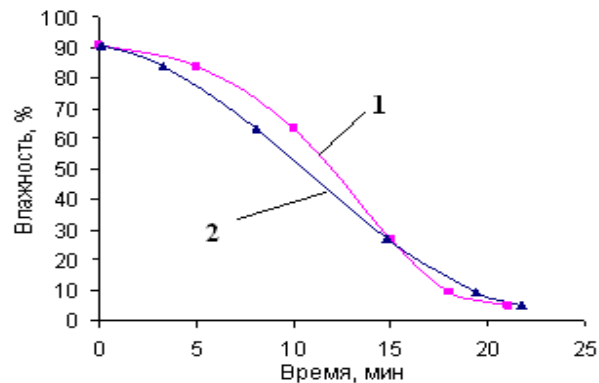


Рис. 4. Кривые комбинированной СВЧ-сушки соломки моркови: 1- экспериментальная кривая; 2 – расчетная кривая

рошо сочетаются, с экспериментальными.

Погрешность разработанного метода расчета продолжительности процесса комбинированной СВЧ-сушки продуктов от начальной до заданной влажности для всех периодов сушки не превышает 10%, что вполне приемлемо для проектного инженерного расчета комбинированных СВЧ-сушилок.

Производительность комбинированной СВЧ-сушилки по высушенному продукту определяется кинетикой его сушки конкретного продукта при выбранных параметрах процесса обезвоживания, а также влажностью продукта до и после сушки.

$$P = \frac{60(M_{np} - \Delta W)}{\tau}, \text{ кг/час} \quad (8)$$

где  $M_{np}$  – масса загруженного продукта, кг;

$\Delta W$  – масса удаленной влаги из продукта за время  $\tau$ , кг;

$\tau$  – продолжительность сушки продукта при выбранных параметрах процесса обезвоживания, мин.

Основными геометрическими параметрами рабочей камеры комбинированной СВЧ-сушилки непрерывного принципа действия являются длина и

ширина газораспределительной решетки.

Длина газораспределительной решетки определяется по следующей зависимости:

$$L = 60 \tau \cdot v, \text{ м} \quad (9)$$

где  $\tau$  – время сушки продукта от начальной  $W_H$  до заданной  $W_K$  влажности, мин;

$v$  – скорость транспортирования продукта через рабочую камеру сушилки, м/с.

Ширину плоской газораспределительной решетки находим по следующей зависимости:

$$S = \frac{M_{np}}{\rho_{np} \cdot L \cdot H}, \text{ м} \quad (10)$$

где  $M_{np}$  – масса загруженного продукта, кг;

$\rho_{np}$  – насыпная плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;

$L$  – длина газораспределительной решетки, м;

$H$  – высота слоя продукта над газораспределительной решеткой, м.

Разработанный метод расчета кинетики процесса сушки растительного сырья может быть положен в основу инженерного расчета комбинированных сушилок с конвективным энергоподводом и СВЧ-излучением.

Поступила 06.2011

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулич, А.В. Способ сушки дисперсных материалов с комбинированным энергоподводом. / А.В. Акулич, А.В. Темрук // Тезисы докладов VI Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств» [Текст]. - 22-23 мая 2007 г., Могилев: УО МГУП, 2007, С.232.
2. Акулич, А.В. Исследование процесса сушки выжимок ягод в СВЧ-поле [Текст] / А.В. Акулич, А.В. Темрук // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. - № 1(4), 2008. – С. 87-92.
3. Акулич, А.В. Исследование процесса сушки пищевых дисперсных материалов в вихревых аппаратах с одновременной их сепарацией [Текст] / А.В. Акулич, М.А. Нестерук // Тезисы докладов и сообщений 5-го Минского международного форума по тепло-и массообмену – ММФ-2004, 24-28 мая 2004 г., Минск. - т.2. – с.199 - 201.
4. Патент Республики Беларусь № 12404 от 30.10.2009: Способ сушки дисперсного материала, МПК F26B 3/02 [Текст] / А.В. Акулич, А.В. Темрук // Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия».
5. Акулич, А.В. Расчет продолжительности сушки картофеля при комбинированном энергоподводе [Текст] / А.В. Акулич, А.В. Темрук // Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи», Киев, Национальний університет пищевых технологий, 27-28 сентября 2010 г., ч.1., 2010. – с.77.

УДК 66.06

ПОНОМАРЕНКО В.В., канд. техн. наук.

Національний університет харчових технологій, м. Київ

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРООБРОБКИ ЦУКРОВОГО РОЗЧИНУ ЕЛЕКТРИЧНИМ ПОЛЕМ

В статті розглянуто вплив змінного, постійного та комбінованого електричного поля на якісні показники цукрового розчину. В результаті експериментального вивчення цього явища запропонована раціональна послідовність обробки цукрового розчину.

Спосіб електрообробки захищений патентом України на винахід та корисну модель.

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

In the article influence of variable, permanent and combined electric-field is considered on the quality indexes of saccharine solution. As a result of experimental study of this phenomenon the rational sequence of treatment of saccharine solution is offered. The method of electro-treatment is protected by the patent of Ukraine on an useful model.

**Keywords:** saccharine solution, electric field, electrostatic glass, cleanness.

Електрообробка харчових середовищ є одним з перспективних методів забезпечення населення продуктами харчування високої якості. Одним з таких напрямів електрообробки є обробка рідких харчових продуктів за допомогою електричних та магнітно-імпульсних полів. Основними перевагами таких технологій є повне збереження харчових та смакових властивостей продукту, їх універсальність [1].

Відомі також роботи по обробці цукрових буряків та розчинів електричним струмом в електроплазмолізаторі [2]. При цьому досягалось збільшення виходу цукру, підвищення якісних показників цукрового розчину в порівнянні з необробленим розчином. Позитивний ефект від дії електричного струму забезпечується тим, що під його дією нецукри в розчині концентруються біля електродів, де вони вступають в реакцію і частково виводяться з розчину.

Як уже відмічалось [3], недоліком таких електротехнологій є значні затрати електричної енергії на обробку продукту. Нами був запропонований метод електрообробки [4], який дозволяє зменшити затрати електроенергії в десятки разів. Головною його відмінністю від відомих було те, що електроди ізолювались від цукрового розчину, який знаходився між електродами. Дослідження впливу електричного поля напруженістю 75 – 150 В/см на якісні показники дифузійного соку бурякоцукрового виробництва засвідчили можливість збільшення його чистоти на 0,5 – 1 % за рахунок розриву електричних зв'язків між молекулами цукрози і нецукрів.

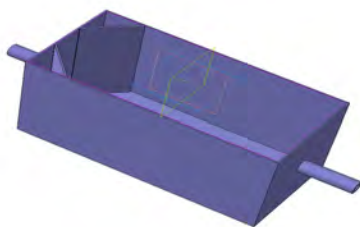


Рис. 1. а) електростатична комірка, б) верхня кришка з електродами



При безперечній перевазі цього методу електрообробки оптимальний час перебування розчину в полі дії електричного поля складав більше 10 хвилин і для промислового використання такого способу електрообробки необхідні великі об'єми технологічних ємкостей.

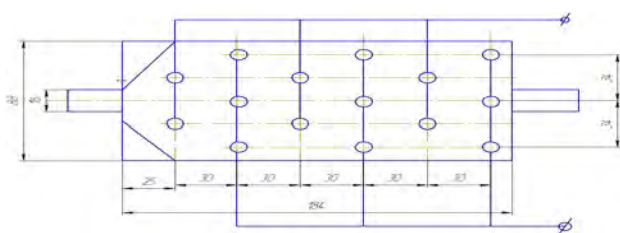


Рис.2. Схема підключення електродів

Наступним етапом досліджень впливу електричного поля на якісні показники цукрового розчину бу-

ла спроба зменшити час його обробки при досягненні високих результатів підвищення якісних показників.

Для виконання цієї задачі була зроблена електростатична комірка, яка являє собою ємкість прямокутної форми, що закрита кришкою з розміщеними в ній електродами в вигляді ізованих від цукрового розчину штирів (рис.1, а, б).

Така конструкція комірки методом масштабування дозволить доволі просто виконати промисловий апарат, в якому можна проводити електрообробку цукрового розчину. Що стосується числового значення величини напруги, яка подається на електроди, то слід відмітити, що чим нижча напруга, тим більш електробезпечним є апарат. Але низькі напруги не дозволяють досягти необхідної напруженості електричного поля, а відстані між електродами будуть доволі малі, що зменшує корисний об'єм апарату. Була вибрана напруга освітлювальної електромережі, яка створює напруженість необхідної величини, при цьому не буде потребуватись додаткових перетворювачів, а сам апарат буде відносно електробезпечним. Виходячи з такого вибору було запропоновано спосіб очищення цукрового розчину [5, 6] в електростатичному полі, яке створюється ізованими від цукрового розчину електродами.

Методика проведення досліджень не відрізнялась від відпрацьованої [3]: пробу дифузійного соку заливали в проміжну ємкість, прокачували насосом через робочу комірку і термостат до досягнення теплової рівноваги. Підводили напругу на електроди електростатичної комірки і через певні проміжки часу проби соку відбирали та аналізували на вміст сухих речовин (СР), цукру в розчині (Ц). Знаходили чистоту (доброякісність) цукрового розчину ( $Ч = Ц/СР$ ).

Було проведено дослідження впливу електричного поля на якісні показники цукрового розчину при

різних схемах підключення електродів.

1. На електроди подавалась напруга змінного струму частотою 50 Гц з мережі електроосвітлення 220 В. Схема включення електродів показана на рис. 2.

Результати аналізів проб дифузійного соку представлені в табл. 1.

Аналіз даних показує, що при часі обробки дифузійного соку впродовж перших 2 – 3 хвилин чистота цукрового розчину зростає на 0,2 – 0,4 %. При подальшій обробці цукрового розчину ефективність дії змінного електричного поля знижується.

Збільшення чистоти цукрового розчину в перші хвилини обробки можливо пояснити тим, що на розчин, який знаходиться між електродами, дія змінного електричного поля найбільш сприятлива на нетривкі, свіжоутворені електрично нейтральні конгломерати.

Таблиця 1

Зміна чистоти цукрового розчину в залежності від часу обробки

Час обробки, хв.	Сік до обробки					Сік після обробки				Зміна чистоти $\Delta\text{Ч}$
	Цк	Ср	Ч	pH	Т-ра соку	Цк	Ср	Ч	pH	
2,5	13,49	15,1	89,34	4,9	54	13,52	15,1	89,54	4,94	0,2
5,2	13,49	15,1	89,34	4,9	54	13,55	15,1	89,74	4,94	0,4
8	13,49	15,1	89,34	4,9	54	13,56	15,1	89,8	4,94	0,46
11	13,49	15,1	89,34	4,9	54	13,56	15,1	89,79	4,94	0,45
14,3	13,49	15,1	89,34	4,9	54	13,56	15,1	89,82	4,94	0,48
17,8	13,49	15,1	89,34	4,9	54	13,58	15,1	89,92	4,94	0,68
2,5	12,95	14,5	89,31	5,1	54	13,01	14,5	89,72	5,1	0,41
5,2	12,95	14,5	89,31	5,1	54	12,97	14,5	89,43	5,1	0,42
8	12,95	14,5	89,31	5,1	54	13,02	14,5	89,82	5,1	0,51
11	12,95	14,5	89,31	5,1	54	13,06	14,5	90,09	5,1	0,78
14,3	12,95	14,5	89,31	5,1	54	13,08	14,5	90,21	5,1	0,9
17,8	12,95	14,5	89,31	5,1	54	13,08	14,5	90,21	5,1	0,9

Зв'язки цукрози з нецукрами порушуються, цукроза переходить в розчин, при цьому проходить швидке збільшення чистоти цукрового розчину. Подальша дія змінного електричного поля на цукровий розчин до підвищення чистоти не приводить, оскільки в ньому залишаються стабільні, стійкі до дії змінного поля з'єднання.

Графічна інтерпретація табличних даних приведена на рис. 3.

2. На електроди подавалась напруга постійного струму 210 В, що створювала напруженість електричного поля між електродами 64 В/см. Дослідження впливу електричного поля були проведені на дифузійному соку і представлені на рис. 4.

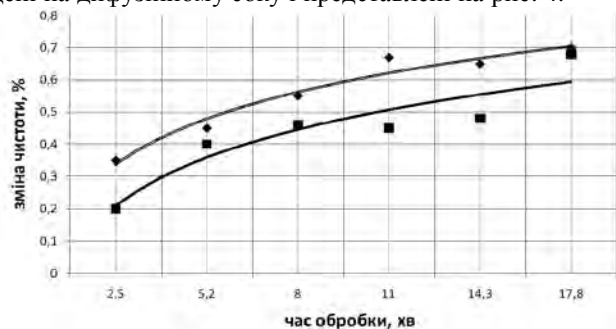


Рис. 3. Зміна чистоти цукрового розчину від часу обробки при дії змінного електричного поля.

Розчин до обробки:

- ◆ - ряд 1: Цк – 13,49; Ср – 15,1; Ч – 89,34;
- - ряд 2: Цк – 12,95; Ср – 14,5; Ч – 89,31

Аналіз залежності зміни чистоти цукрового розчину від часу обробки його в постійному електричному полі дозволив зробити наступні висновки:

- впродовж всього часу обробки цукрового розчину електричним полем проходить поступове збільшення його чистоти;

- при обробці соку електричним полем більше 12 хвилин можливе зменшення приросту чистоти цукрового розчину;

зберігається тенденція: чим вища чистота цукрового розчину, тим нижча ефективність його обробки електричним полем.

3. Була змінена форма електродів з пальцевої на пластинчасту. Дана серія експериментів була проведена на тій же електростатичній комірці при заміні пальцевих електродів на пластинчасті. Дифузійний сік протікав між пластинами і знаходився під дією однорідного електричного поля. Результати представлені на рис. 5.

Аналіз залежності зміни чистоти цукрового роз-

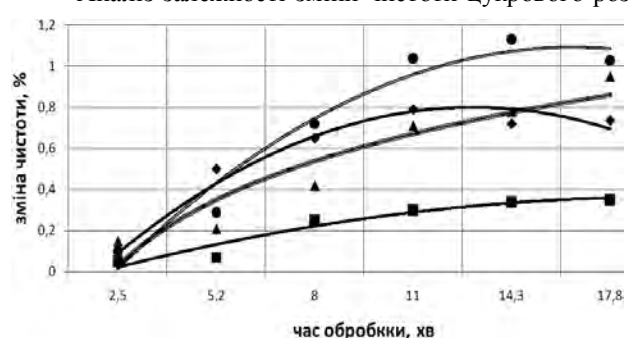


Рис. 4 Зміна чистоти цукрового розчину від часу обробки при дії постійного електричного поля.

- Розчин до обробки:
- - ряд 1: Цк – 13,2; Ср – 14,6; Ч – 90,41; ▲ - ряд 2: Цк – 12,64; Ср – 14,0; Ч – 90,29;
  - ◆ - ряд 3: Цк – 12,24; Ср – 13,8; Ч – 88,7;
  - - ряд 4: Цк – 12,3; Ср – 13,9; Ч – 88,49

чину від часу обробки його в постійному електричному полі при пластинчатих електродах дозволив зробити наступні висновки:

- форма електродів не впливала на показники зміни чистоти цукрового розчину від часу обробки;
- час обробки до досягнення максимуму ефекту коливався впродовж 11 – 13 хвилин.

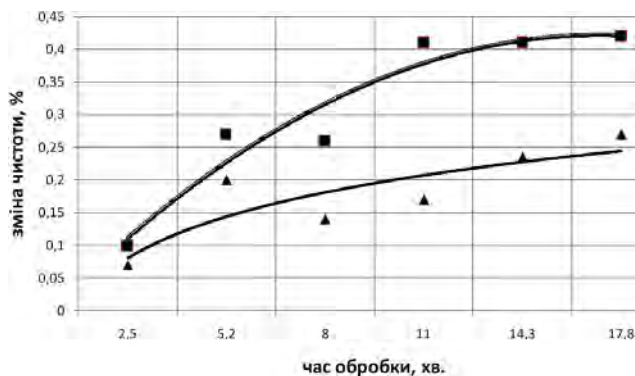


Рис. 5. Зміна чистоти цукрового розчину від часу обробки при дії постійного електричного поля. Електроди виконані в вигляді пластин.

Розчин до обробки ■ - ряд 1: Цк – 13,33; Ср – 14,9; Ч – 89,46; ▲ - ряд 2: Цк – 13,09; Ср – 14,6; Ч – 89,66

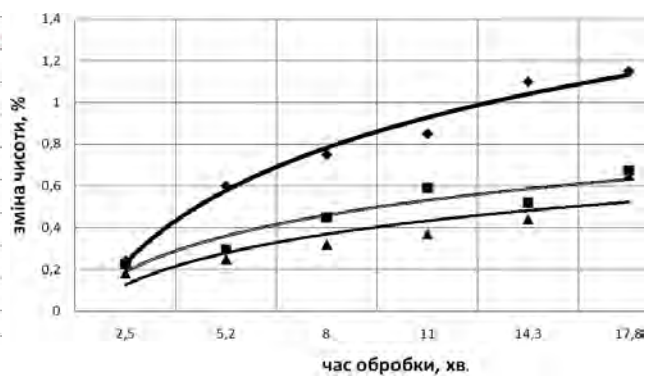


Рис. 6. Зміна чистоти цукрового розчину від часу його обробки впродовж перших 2,5 хвилин змінним електричним полем і потім постійним.

Розчин до обробки: ♦ - ряд 1: Цк – 13,52; Ср – 15,2; Ч – 88,95; ■ - ряд 2: Цк – 13,75; Ср – 15,3; Ч – 89,87; ▲ - ряд 3: Цк – 13,6; Ср – 15,2; Ч – 89,47

Пояснення збільшення чистоти цукрового розчину при дії на нього постійного електричного поля можливе наступне. При взаємодії постійного електричного поля, що виникає між електродами при прикладенні до них електричного потенціалу, і власного електричного поля електростатичної частинки проходить розрив електричних зв'язків і поступовий перехід молекул цукрози в цукровий розчин, що підвищує концентрацію цукру в розчині. За рахунок цього при незмінній кількості сухих речовин в розчині збільшується його чистота. Для розриву таких стійких електричних зв'язків потрібна дія електричного поля більш тривалий час і сталої величини. Це можливо тоді, коли час перебування розчину в полі дії електричного поля становить 4 – 5 хвилин, а електроди під'єднані до джерела постійного струму.

Такий механізм процесу виділення цукрози зі сполук з нецукрами приводить до очищення цукрового розчину. Сахароза з розчину в подальшому виділяється при кристалізації, а нецукри виводяться при фільтруванні розчинів. Оскільки нецукрів в розчині при цьому стає менше, то на останній стадії добування цукру з розчину кристалізацією будуть меншими і втрати цукру з мелясою (нецукрами), що дозволить отримати додатковий білий товарний цукор.

Проведені дослідження обробки дифузійного соку електричним полем показали, що в перший період часу доцільно проводити електрообробку цукрового розчину змінним електричним полем. В цьому випадку досягається максимальна ефективність обробки впродовж перших 2...3 хвилин. В подальшому раціонально проводити обробку в постійному електричному полі. Така послідовність обробки була випробувана а результати представлені на рис. 6.

Результати досліджень показують, що спочатку при обробці цукрового розчину змінним електричним полем відбувалося інтенсивне збільшення його чистоти.

Наступна обробка дифузійного соку в постійному електричному полі приводить до поступового збільшення його чистоти внаслідок розриву електричних зв'язків і переходу цукрози в розчин.

#### Висновки.

1. Проведені дослідження впливу електричного поля на якість цукрового розчину підтвердили принципову можливість обробки розчину напруженістю електричного поля, що створюється між ізольованими від розчину електродами при подачі на них електричного потенціалу з освітлювальної мережі. Затрати електроенергії при цьому мінімальні і залежать від якості ізоляції.

2. В початковий момент обробки цукрового розчину доцільно проводити його обробку в електричному полі змінної напруженості. В цьому випадку досягаються більш високі результати збільшення чистоти цукрового розчину.

3. Наступну обробку цукрового розчину слід проводити в електричному полі постійної напруженості. При цьому відбувається поступове збільшення чистоти цукрового розчину.

4. Запропоноване пояснення процесів, що приводять до збільшення чистоти цукрових розчинів при його обробці змінним та постійним електричним полем.

5. Виконані дослідження дозволяють спроектувати пілотний апарат для можливості обробки цукрового розчину впродовж перших 2 -3 хвилин в постійному електричному полі і в наступні 5 хвилин в електричному полі змінної напруженості.

Обробка цукрового розчину в електричному полі дозволяє отримати додатковий цукор внаслідок розриву зв'язків цукрози з нецукрами при мінімальних затратах електроенергії.

Поступила 05.2011

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гулий, И.С. Способы увеличения сроков хранения жидких пищевых продуктов [Текст] / И.С. Гулий, А.И. Украинцев, И.М. Мыколов, С.Н. Дебелинский, Н.Л. Билимчук, Ю.А. Дашковский – 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. Федоткин, И.М. и др., Интенсификация технологических процессов пищевых производств [Текст] / И.М. Федоткин – К., Техніка, 1984. – 176 с.
3. Пономаренко, В.В. Дослідження впливу електростатичного поля на якісні показники цукрового розчину [Текст] / В.В. Пономаренко, Я.В. Гарматій – Харчова наука і технологія, 2010, № 1. С. 105 – 109.



4. Мирончук, В.Г. Спосіб електрообробки цукрових розчинів [Текст] / В.Г. Мирончук, В.В. Пономаренко // патент на корисну модель № 37064, опубл. 2008, бюл. № 21.
5. Мирончук, В.Г. Спосіб електрообробки цукрових розчинів [Текст] / В.Г. Мирончук, В.В. Пономаренко, Я.В. Гарматій // патент на корисну модель № 53000, опубл. 2010, бюл. № 18.
6. Мирончук, В.Г. Спосіб електрообробки цукрових розчинів [Текст] / В.Г. Мирончук, В.В. Пономаренко, Я.В. Гарматій // патент на винахід № 93805, опубл. 2011, бюл. № 5.

УДК 338.45.003.13:

KASYANOV G. I., professor, KOROBITSYN V.S., TYMCHUK E. V.

Kuban State University of Technology

## **SOME TECHNOLOGICAL PECULIARITIES OF CO<sub>2</sub> – EXTRACTS OBTAINED FROM VEGETATIVE AND ANIMAL RAW MATERIAL**

The carbon dioxide in subcritical and supercritical states is used to extract valuable components from vegetative and animal raw material. The unique properties of this solvent in subcritical make it possible to extract selectively a complex of flavour and gustative substances with a comparatively small molecular mass. Proteins, carbohydrates and components with a bigger molecular mass can not be extracted in this state. New schemes of supercritical installations which make it possible to extract the valuable components not only from both dry and from moist raw material have been worked out.

**Keywords:** subcritical extraction, CO<sub>2</sub> – extracts, supercritical extraction, carbon dioxide, chemical content, extraction installations.

Углекислота в подкритических и суперкритических состояниях используется, чтобы извлечь ценные компоненты из вегетативного и животного сырого материала. Уникальные свойства этого растворителя при определенных условиях делают возможным извлечение выборочно комплекса аромата и вкусовых субстанций со сравнительно маленькими молекулярными массами. Белки, углеводы и компоненты с большей молекулярной массой не извлекаются. Представлены новые схемы суперкритических установок, которые делают возможным извлечение ценных компонентов не только из высушенного, но и из влажного сырого материала.

**Ключевые слова:** подкритическая вытяжка, CO<sub>2</sub> – вытяжки, суперкритическая вытяжка, углекислота, химическое содержание, экстракционные установки.

### **INTRODUCTION**

Sub- and supercritical fluidic extraction of components from vegetative and animal raw material is an area which considers the nature and regularities of liquefied and suppressed gases movement in selfcontained contour and is a part of continuous media mechanics. It has been formed in the past years as an independent section of applied physical chemistry and has integrated the achievements of gas dynamics, hydraulics and high temperature chemistry.

At present the extraction methods of obtaining aroma and gustative substances from vegetative raw material have been widely applied. The use of extracts is more effective. The well-known periodic and continuous extraction installations work at pressure close to atmospheric and use carbohydrates, spirits, ethers and ketons as a solvent. The disadvantage of this method and installations is that extraction by organic solvents does not always provide a complete withdrawal of aromatic and gustative substances. Besides, when the solvent is evaporated thermolabile substances of extracts are destroyed. It may be avoided when extraction of aromatic components from vegetative raw material is made by liquefied gases - argon, butane, propane, liquefied carbon dioxide, khladons etc. In this case the pressure in extraction installations may significantly exceed the atmospheric pressure, however, the process of extraction is carried out at the temperature of the environment, sparing thermolabile components and produce high quality extracts.

Traditional and innovative methods of extraction, properties of extracts and their application are of great in-

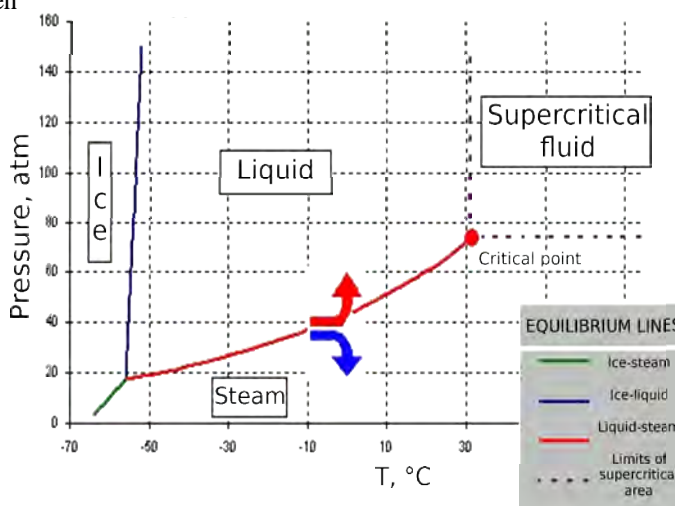
terest for the greater number of food industry specialists. However, a lot of data that are important for practical application available in a broad variety of sources have not been systematized. This article is aimed to fill, in some degree, the gaps in production technology and application of CO<sub>2</sub> – extracts in food industry.

In Russia research in the area of volatile oil bearing and spicy-aromatic extracts production and application technology with the use of Carbon Dioxide as a solvent started in the sixties of the twentieth century.

It has been shown, that the most effective method of extracting valuable components from spicy and aromatic raw material consists in application of liquefied and suppressed gases and liquids, overheated in comparison with the environment. The liquefied carbon dioxide has become dominant in food industry as a solvent.

As a liquid carbon dioxide can exist at pressure from  $73,8 \cdot 10^2$  (critical pressure) up to  $5,18 \cdot 10^2$  kPa (triple point) and corresponding temperatures from +31,1 up to -56,6 °C.

When this solvent is applied a most complete extraction of ether oils and other aromatic and gustative substances is achieved and most of disadvantages, typical of organic solvent extraction and evaporation are removed.



**Fig. 1. The diagram of CO<sub>2</sub> phase state**

Fig. 1 shows the diagram of CO<sub>2</sub> phase state.

During the process of extraction it is necessary to maintain process temperature to achieve a more complete extraction during the working period.

The strict control of temperature is necessary at distillation as the thermolabile substances are destructed at high temperatures and the appearance of extracts