

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 631.563.4

**ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЦУКРОВОГО СИРОПУ В НАПОЇ ПРИ ЗМІШУВАННІ У
ПРОТИТЕЧІЙНО-СТУМИННОМУ АПАРАТІ
DETERMINATION OF CONTENT SYRUP IN DRINKS BY MIXING IN
OPPOSITE-STREAM MACHINE**

**Самойчук К.О., канд. техн. наук, доцент, Паніна В.В., канд. техн. наук, доцент
Полудненко О.В., асистент
Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь
Samoichuk K.O., Panina V.V., Poludnenko O.V.
Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine**

Copyright © 2016 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/>



З огляду на зростаючі об'єми виробництва безалкогольних напоїв та актуальність розробки нових, більш ефективних змішувачів рідких компонентів обґрунтовано конструкцію протитечієно-струминного змішувача, який забезпечує високу продуктивність при низьких енерговитратах та масо-габаритних показниках. Метою досліджень є визначення впливу тиску подачі основного компоненту – води, напору подачі підмішуваного компоненту – цукрового сиропу, величини кільцевого зазору в камері ежекції і відстані між соплами форсунок на забезпечення необхідного вмісту цукру в готовому розчині при протитечієно-струминному перемішуванні рідин.

Результати пошукового експерименту дозволили встановити оптимальний діапазон варіювання факторів основного експерименту: тиску подачі основного компоненту (води), напору подачі підмішуваного компоненту (цукрового сиропу) і відстані між соплами форсунок.

Змінними факторами для проведення експериментальних досліджень обрано: тиск подачі основного компоненту – води, напір подачі підмішуваного компоненту – цукрового сиропу, величину кільцевого зазору в камері ежекції і відстань між соплами форсунок. Критерій оптимізації – вміст цукру в готовому розчині при протитечієно-струминному перемішуванні рідин.

В статті представлено загальний вид лабораторної установки і описано принцип її роботи. Описано методику проведення експериментальних досліджень.

За результатами експериментальних досліджень побудовано залежності вмісту цукру в готовому розчині від тиску подачі води при різних значеннях відстані між соплами форсунок і різній величині кільцевого зазору в камері ежекції.

В результаті аналізу отриманих експериментальних даних визначено оптимальні умови для виготовлення солодкого напою «Лимонад» із використанням купажного сиропу на основі цукру.

The construction of the opposite-stream mixer of liquid was grounded on the increasing amounts of soft drinks production and development of new, more effective mixers of liquid components. The purpose of the study is determination of pressure supply influence of water as the main component; force feeding of blending syrup as an additional component; size of annular gap in the inject chamber and distance between injector nozzles for supply of required sugar concentration in the finished solution under opposite-stream mixing of liquid.

The results of research experiment helped to define optimum range of the main experiment factors variation, pressure supply of the main component (water), force feeding of an additional component (blending syrup) and distance between injector nozzles.

Pressure supply of the main component, force feeding of an additional component, size of annular gap in the inject chamber and distance between injector nozzles were chosen as changing factors for research experimentations. The criteria of optimization are sugar concentration in the finished solution under opposite-stream mixing of liquid.

In the article general view of laboratory installation is presented. The principles of its operation are described. Also the procedure of research experimentations is offered in the article.

Syrup concentration dependence in the finished solution of water pressure supply under different conditions of distance between injector nozzles and different size of annular gap in the inject chamber are proved according to the results of research experimentations.

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Optimal conditions for sweet soft drink "Lemonade" production with the use blended syrup from sugar are determined in the result of experimental data analyzes.

Ключові слова: експеримент, напої, форсунка, змішування, струминний змішувач, цукровий сироп, концентрація, залежність, аналіз.

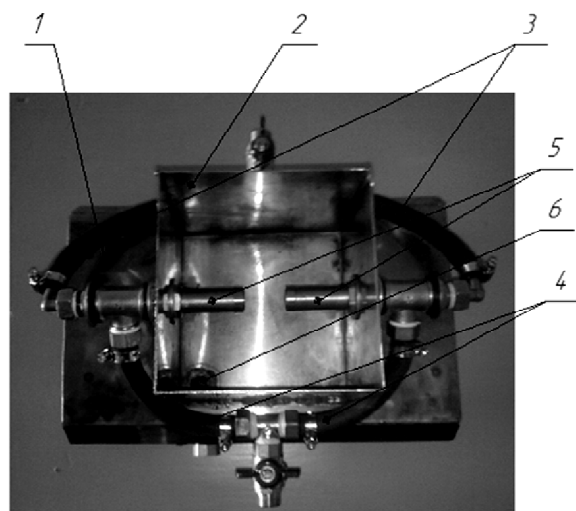
Keywords: experiment, beverages, nozzle, mixing, stream mixer, sugar syrup, concentration, dependence, analysis

Формулювання проблеми. Процеси перемішування знайшли досить широке розповсюдження в різних галузях харчової промисловості, зокрема при виробництві безалкогольних напоїв. При їх виготовленні одним з основних процесів є перемішування рідких компонентів. На сьогоднішній день, незважаючи на низьку продуктивність та високу металоємність на виробництві розповсюджені змішувачі періодичної дії [1]. З огляду на зростаючі об'єми виробництва безалкогольних напоїв актуальними є розробка і впровадження у виробництво змішувачів апаратів, які забезпечать якісне перемішування рідких компонентів при мінімальних витратах енергії і часу.

Ця робота є складовою частиною циклу статей, присвячених струминному змішуванню рідких компонентів. В попередніх статтях було обґрунтовано спосіб перемішування [1], конструкція змішувача апарату [2], метод оцінювання якості перемішування [3], теоретично визначено один з найважливіших конструктивних параметрів – відстань між соплами форсунок [4].

Формулювання мети статті. Метою даної роботи є експериментальне дослідження впливу основних технологічних і конструктивних параметрів протитечійно-струминного змішувача на забезпечення необхідної концентрації цукру в готовому розчині.

Виклад основного матеріалу. Для проведення експериментальних досліджень процесу змішування води з цукровим сиропом було розроблено і виготовлено експериментальну установку [5]. Загальний вид установки показано на рисунку 1.



1 – станина; 2 – камера змішування; 3 – патрубки подачі основного компоненту; 4 – патрубки подачі підмішуваного компоненту; 5 – форсунка і вузол ежекції; 6 – вихідний отвір.

Рис. 1 – Лабораторна установка для дослідження процесу змішування

ли визначені такі межі варіювання факторів:

- відстань між соплами форсунок (нижня границя 8 мм, верхня – 24 мм, крок зміни фактору – 8 мм),
- тиск подачі води (нижня границя 0,12 МПа, верхня – 0,36 МПа, крок зміни фактору – 0,12 МПа),
- напір подачі цукрового сиропу (нижня границя 0 мм, верхня – 450 мм, крок зміни фактору – 150 мм).

Експериментальні дослідження проводилися за такою методикою: основа, якою виступає водопровідна вода ГОСТ 2874-82 температурою 20 °С (290 °К) і щільністю 1000 кг/м³, подається в ежектор під необхідним тиском. При проходженні крізь ежектор кінетична енергія потоку води підвищується, а потенційна знижується до створення розрідження, що досягає максимального значення у місці найбільшого звуження потоку, тобто на виході з ежектора. В камеру вводу підмішуваного компоненту підводився купаажний сироп «Лимонад» на основі цукру 20 °С (290 °К) і щільністю 1229 кг/м³ [7,8] під атмосферним тиском. При проходженні струменя води крізь камеру вводу підмішуваного компоненту, у потік води ежектуються купаажний сироп. При проходженні

На станині 1, встановлено камеру змішування 2, в якій співвісно встановлені дві ідентичні форсунки 5, через патрубки подачі основного компоненту 3 у форсунки 5 під тиском подається підготовлена вода, через патрубки подачі підмішуваного компоненту 4 подається купаажний сироп при атмосферному тиску подачі. Змішаний продукт через вихідний отвір 6 відводиться у збірник.

Конструкції форсунок та вузла ежекції представлено на рисунку 3.

Перед проведенням експериментальних досліджень, внаслідок великої кількості факторів та недостатності апріорної інформації про об'єкт дослідження, було проведено пошуковий експеримент.

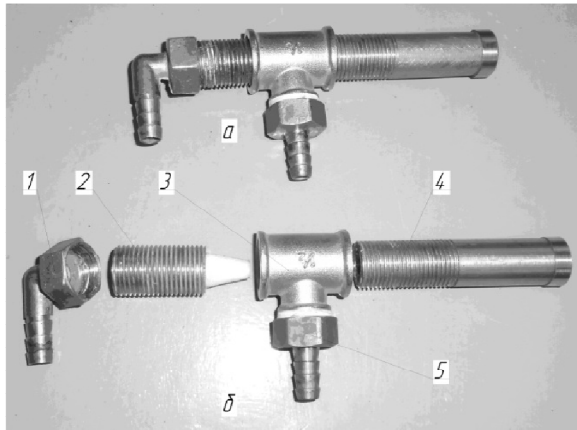
Задачами пошукового експерименту були:

- встановлення оптимального діапазону варіювання факторів основного експерименту;
- знаходження верхніх та нижніх границь коливання факторів;
- визначення впливу відстані між форсунками на концентрацію підмішуваного компоненту в готовому розчині.

З огляду на результати аналітичних досліджень [4,6] для проведення пошукового експерименту бу-

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

струменя крізь форсунку відбувається попереднє змішування основного компоненту з підмішуваним, а при зіткненні струменів відбувається остаточне змішування рідких компонентів. Розмір камери вводу підмішуваного компоненту в обох форсунках встановлено постійним. Визначення концентрації купажного сиропу в змішаному розчині визначалась за допомогою ареометру-цукроміру АС-3 (0 – 25 %, 0,5 %)



а) форсунка в зборі; б) конструкція форсунки та вузла ежекції. 1 – штуцер підводу основного компоненту; 2 – ежектор; 3 – корпус камери вводу підмішуваного компоненту; 4 – циліндрична камера попереднього змішування; 5 – штуцер підводу підмішуваного компоненту.

Рис. 2 – Форсунка і вузол ежекції

зіткнення струменів, призводить до того, що рідина основного потоку (вода) не захоплює достатньої кількості підмішуваного компоненту (купажного сиропу), а при рівні купажного сиропу відносно осі форсунок менше або рівному 100мм взагалі відбувається потрапляння рідини основного потоку у кільцеву щілину подачі підмішуваного компоненту і далі у гідропровід подачі купажного сиропу.

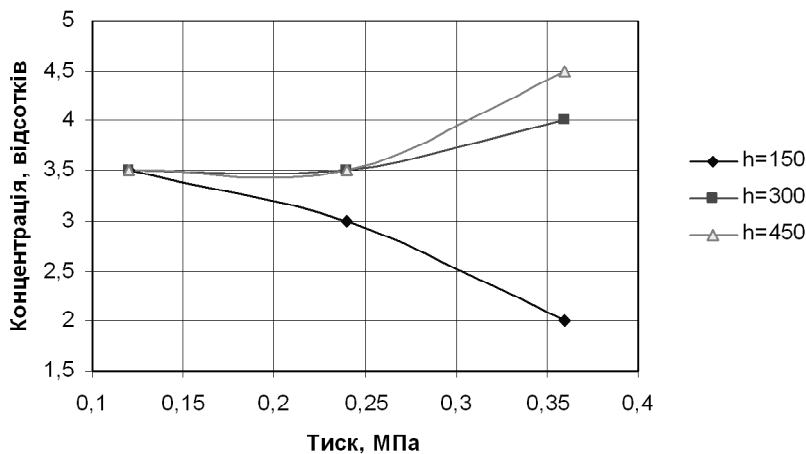


Рис. 3 – Залежність концентрації сиропу в змішаному розчині від тиску подачі води при напорі купажного сиропу 150-450 мм і величині кільцевого зазору в камері ежекції 0,9 мм. (Діаметр сопла форсунки 8 мм, відстань між форсунками 24 мм)

підмішуваного компоненту (купажного сиропу) 0,3 – 0,5м; відстань між соплами форсунок 16 – 24мм.

Було проведено експеримент, в якому досліджувався вплив тиску подачі основного компоненту – води, напір подачі підмішуваного компоненту – купажного сиропу, величини кільцевого зазору в камері ежекції і відстані між соплами форсунок на забезпечення необхідної концентрації цукру в готовому розчині.

При тиску подачі води 1,2 атм і напорі подачі сиропу 150 мм концентрація сиропу в готовому розчині є однаковою – 3,5% (рисунок 3).

Відстань між соплами форсунок змінювали осьовим переміщенням форсунок в напрямних втулках.

Тиск подачі води створювали за допомогою вихрового насосу (виробник KENLE, $H_{max}=50$ м, $Q_{max}=50$ л/хв), контроль тиску подачі води в змішувач здійснювали за допомогою манометру (ГОСТ 2405 – 88 межі вимірювання 0 – 6 атм., 0,2 атм.).

Змінювали напір купажного сиропу при подачі його в камеру підводу підмішуваного компоненту зміною висоти ємності з купажним сиропом відносно осі форсунок змішувача.

Контроль якості перемішування здійснювався за допомогою кондуктометра COND5021 (діапазон 0 – 9990 мкСм, точність ± 1 % FS)

В результаті проведення пошукового експерименту було визначено, що із зменшенням відстані між форсунками від 24 мм (що дорівнює трьом діаметрам сопла форсунки $a=3d_c$) до 8 мм (тобто $a=d_c$) частка сиропу у змішаному розчині зменшується. Це відбувається в наслідок того, що на струмінь рідини, яка витікає із сопла форсунки, діє зустрічний струмінь. Тиск, який виникає у зоні

При відстані між соплами форсунок 24мм ($a=3d_c$), масовій частці цукру у купажному сиропі 50, тиску подачі води 0,36 МПа, напорі купажного сиропу 0,45м, отримали масову частку цукру у змішаному розчині 12,5, що є позитивним результатом, так як за технологічною інструкцією виготовлення безалкогольного напою «Лимонад» купажний сироп повинен змішуватись з водою у пропорції 1:5...1:4.

Результати пошукового експерименту дозволили встановити оптимальний діапазон варіювання факторів основного експерименту: тиск подачі основного компоненту (води) 1,2 – 5атм; напір подачі

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

При напорі подачі сиропу 150 мм із зростанням тиску подачі основного компоненту – води, частка сиропу в розчині зменшується. Це відбувається внаслідок збільшення подачі води у більшому ступені ніж підвищення напору подачі сиропу, що призводить до зменшення його концентрації в готовому розчині (від 3,5 до 2 %).

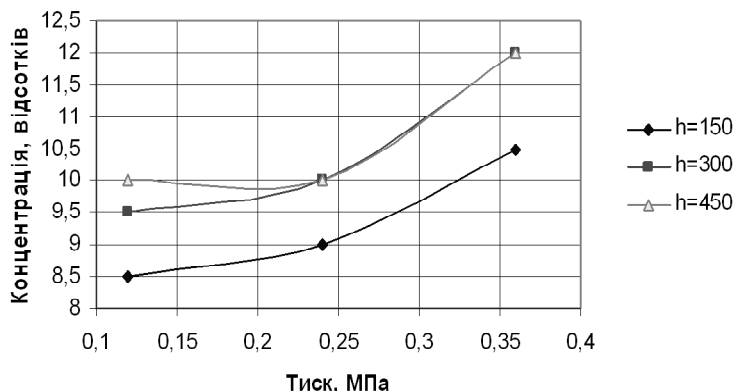


Рис. 4 – Залежність концентрації сиропу в змішаному розчині від тиску подачі води при напорі купажного сиропу 150-450 мм і величині кільцевого зазору в камері ежекції 1,8 мм. (Діаметр сопла форсунки 8 мм, відстань між форсунками 24 мм)

сиропу 150-450 мм (рисунок 4) показують, що при зростанні тиску подачі основного компоненту і підвищенні напору зростає концентрація підмішуваного компоненту в готовому розчині. Ця залежність близька до лінійної. Це свідчить про те, що величина кільцевого зазору 1,8 мм достатня для функціонування вузла ежекції у дослідному діапазоні напору подачі сиропу у нормальному режимі.

При зміні напору з 150 до 450 мм, концентрація збільшується з 8,5 до 10% (на 16%), а при підвищенні тиску з 1,2 до 3,6 атм – на 40 %. Тобто вплив тиску подачі води справляє більш вагомий внесок, ніж напір подачі сиропу.

Така концентрація сиропу в готовому розчині є достатньою для виготовлення солодкого напою «Лимонад» (за інструкцією повинна бути $9,5 \pm 0,2$; забезпечити необхідну концентрацію можливо регулюванням тиску подачі води, зазором в камері подачі підмішуваного компоненту або напором подачі сиропу).

Залежності зміни концентрації сиропу від тиску подачі води (рисунок 5) показують, що при зростанні тиску подачі основного компоненту концентрація підмішуваного компоненту в готовому розчині знижується.

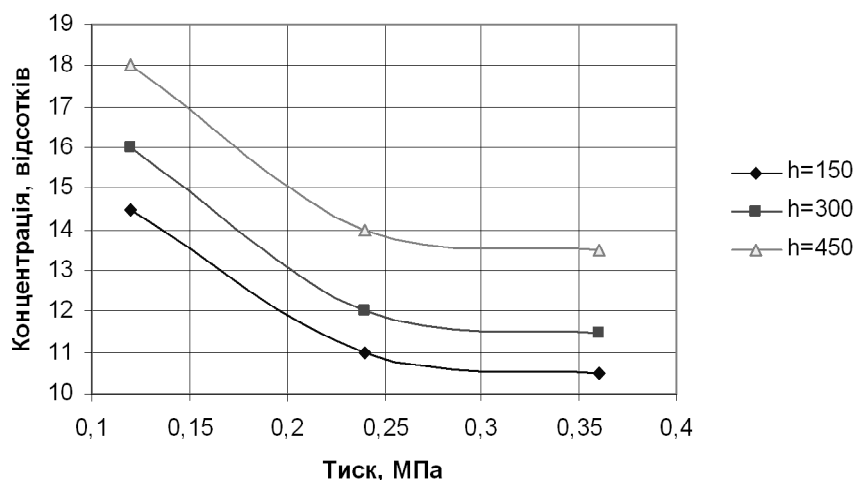


Рис. 5 – Залежність концентрації сиропу в змішаному розчині від тиску подачі води при напорі купажного сиропу 150-450 мм і величині кільцевого зазору в камері ежекції 2,7 мм. (Діаметр сопла форсунки 8 мм, відстань між форсунками 24 мм)

Великі значення концентрації сиропу в готовому розчині зумовлені великим зазором в камері подачі підмішуваного компоненту.

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Із зростанням тиску подачі основного компоненту зростає швидкість руху потоку. Два співвісних струменя, що витікають з форсунок, стикаються, що призводить до підвищення тиску у зоні зіткнення. Відтак перепад тисків Δp зменшується, це призводить до зменшення коефіцієнту інжекції.

Висновки. Результати пошукового експерименту дозволили встановити, що оптимальний діапазон варіювання факторів основного експерименту становить: тиск подачі основного компоненту (води) 1,2 – 5 атм; напір подачі підмішувача (цукрового сиропу) 0,3 – 0,5 м; відстань між соплами форсунок 16 – 24 мм.

В результаті експериментальних досліджень впливу основних технологічних і конструктивних параметрів протічійно-струминного змішувача на забезпечення необхідної концентрації цукру в готовому розчині показали, що для виготовлення солодкого напою «Лимонад» із використанням сиропу на основі цукру (50%), діаметрі сопла форсунки 8 мм оптимальними умовами є: відстань між форсунками 24 мм, напір подачі купаного сиропу 200 – 450 мм, тиск подачі сиропу 3,5 – 4 атм.

Література

1. Самойчук К.О. Аналіз обладнання для перемішування рідких компонентів / К.О. Самойчук, О.В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ. - 2011. – Вип. 11., т.6. - С. 226 – 233.
2. Самойчук К.О. Обоснование конструкции смесителя жидких компонентов с помощью компьютерного моделирования / К.О.Самойчук, О.В. Полудненко // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. Аграрного у-та, 2013 – 140с.
3. Циб В.Г. Аналіз методів оцінювання якості змішування рідких компонентів при виробництві безалкогольних напоїв / В.Г. Циб, О.В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь:ТДАТУ. - 2014. – Вип.14., т.1
4. Самойчук К.О. Визначення відстані між соплами форсунок протічійно-струминного змішувача безалкогольних напоїв/ К.О.Самойчук, О.В. Полудненко, В.Г. Циб // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ. - 2015. – Вип. 15., т.1. - С. 30 – 38.
5. Пат. 91740, Україна, МКИ⁵ А01J 11/00. Пристрій для струминного змішування рідких компонентів /Самойчук К.О., Полудненко О.В.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u201402154 ; заявл. 03.03.2014; опубл. 10.07.2014. Бюл. № 13.
6. Мелешко В.В. Смешивание вязких жидкостей/ В.В.Мелешко, Т.С. Краснопольская// Нелинейная динамика. – 2005. – Т.1. – С. 69-109.
7. ТІ У 61.960:2008 «Технологічна інструкція на виробництво напоїв безалкогольних».
8. РЦ У 61.960.11-98 «Рецептура на 100 дал напою «Лимонад»»