**Коваленко Олена Олександрівна. Науково - технічні основи процесів низькотемпературного розділення рідких систем харчових виробництв : Дис... д-ра наук: 05.18.12 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Коваленко О.О. «Науково-технічні основи процесів низькотемпературного розділення рідких систем харчових виробництв».  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, 2007.  Дисертаційна робота присвячена розробці теоретичних і практичних основ, спрямованих на розвиток в Україні низькотемпературних технологій та підвищення ефективності роботи виморожуючих установок. Розроблена структура комплексного показника якості виморожуючих установок, який враховує вплив температурного режиму роботи установки на її техніко-економічні параметри та якість розчину і дозволяє оптимізувати режимні та конструктивні параметри. Вдосконалена математична модель процесу виморожування води із розчинів шляхом доповнення її рівняннями для розрахунку: температури на границі розділу фаз для умов змінної температури і масової частки розчинних речовин у розчині; масової частки розчинних речовин у розчині в залежності від різниці температур між температурою на фронті кристалізації і температурою розчину; критеріальних рівнянь для розрахунку тепло- і масовіддачі в розчині; рівноважної температури розчину при фазовому перетворенні «розчинлід+розчин» в залежності від хімічного складу розчину та активності води у рідкій і вимороженій фазі; коефіцієнту теплопровідності вимороженої фази в залежності від масової частки розчинних в ній речовин. З використанням отриманої математичної моделі виконаний розрахунок кінетики процесів тепло- і масопереносу та розрахований параметричний ряд виморожуючих установок. В результаті проведеної оптимізації по комплексному показнику якості отримані оптимальні конструктивні та режимні параметри виморожуючої установки. Для оптимальних умов розраховані техніко-економічні характеристики виморожуючих установок з потужністю по вихідній сировині від 0,2 до 10 т за цикл. Техніко-економічним обґрунтуванням та промисловою апробацією зразків обладнання та продукції підтверджена ефективність застосування виморожуючих установок в харчових виробництвах. | |
| |  | | --- | | 1. На основі теоретичних узагальнень, аналітичних і експериментальних досліджень розроблені науково-технічні основи процесів низькотемпературного розділення рідких систем харчових виробництв, які дозволяють підвищувати ефективність роботи виморожуючих установок та сприяють розвитку в Україні їх виробництва і використанню в галузях харчової промисловості. 2. Розроблено структуру комплексного показника якості виморожуючих установок. 3. Визначені принципові напрямки та схеми застосування виморожуючих установок в харчових виробництвах. Показано, що такими напрямками є концентрування і фракціювання харчових розчинів, а також опріснення та доочистка природних і промислових вод. 4. Вдосконалено структуру рівняння для розрахунку рівноважної температури розчину при фазовому перетворенні «розчинлід + розчин». Визначенні значення коефіцієнтів, які враховують вплив розчинних речовин на питому молярну теплоємкість переохолодженого розчину: А1=-1,8.10-3; В1=-0,014; С1=-5,2.10-3; С2=-0,049. З використанням отриманого рівняння і коефіцієнтів А1, В1, С1, С2, а також відомостей про хімічний склад фруктово-ягідної та цитрусової сировини розраховано 15 кріоскопічних кривих соків, які можуть бути отримані з вище вказаної сировини. 5. Вдосконалено математичну модель процесів тепло- і масопереносу у виморожуючій установці з формуванням твердої фази у вигляді блоку льоду. При цьому отримані рівняння для розрахунку:   - поточної температури на фронті кристалізації, яке враховує зміну в процесі теплофізичних властивостей розчину і вимороженої фази, а також умови теплообміну із навколишнім середовищем;  - поточної масової частки розчинних речовин в ядрі розчину в залежності від різниці температур між температурою на фронті кристалізації та температурою в ядрі розчину;  - коефіцієнту теплопровідності вимороженої фази в залежності від масової частки розчинних в ній речовин.  6. Отримані графічні залежності та рівняння для розрахунку густини чорносмородинового, апельсинового і шовковичного соків, а також промислових стоків виноробного підприємства  7. Встановлено нові характерні закономірності процесу виморожування води із розчину в умовах природної конвекції:  - протягом періоду процесу виморожування, коли різниця температур між температурою на фронті кристалізації і температурою в розчині знаходиться в межах від 5 до 30 оС, зміна масової частки розчинних речовин відбувається тільки в прошарку розчину, що межує з фронтом кристалізації. При цьому значення масової частки розчинних речовин у вимороженій фазі перевищує значення масової частки розчинних речовин у розчині в 2,5-3 рази (для соків, екстрактів) та 1,6-1,7 рази (для природних і промислових вод);  - протягом періоду процесу, коли різниця температур між температурою на фронті кристалізації і температурою в розчині знаходиться в межах від 2 до 5 оС, зміна масової частки розчинних речовин відбувається по всьому об’єму розчину і її значення незначно відрізняється від значення масової частки розчинних речовин у розчині біля фронту кристалізації;  - в процесі охолодження (після кристалізації) вимороженої фази масова частка розчинних речовин у розчині, що знаходиться у міжкристалічній структурі змінюється внаслідок подальшого виморожування з нього води. При цьому у вимороженій фазі на відстані до 15 мм від поверхні кристалізатора її значення в 2-4 рази перевищує значення масової частки розчинних речовин у основній масі розчину.  8. Показано, що інтенсифікація процесів переносу теплоти і маси у виморожуючій установці здійснюється під впливом акустичних та механічних коливань, механічного перемішування розчину, при виморожуванні води на нижній поверхні горизонтального пластинчастого кристалізатора та при механічному видаленні розчину із міжкристалічної структури вимороженої фази. Встановлені наступні закономірності процесів тепло- і масообміну в умовах їх інтенсифікації:  - при механічному перемішуванні розчину в діапазоні 100 < *n*міш < 660 об/хв ступінь концентрування розчину зростає в 1,4 рази, масова частка розчинних речовин у вимороженій фазі зменшується в 1,5 рази, а інтенсивність виморожування води із розчину підвищується в 1,4 рази. При подальшому збільшені *n*міш інтенсивність процесу теплообміну зростає, а масообміну зменшується;  - найбільший вплив на процеси тепло- і масообміну у виморожуючій установці чинять акустичні коливання з частотою від 15 до 50 кГц. В цих умовах інтенсивність росту вимороженої фази збільшується на (15 – 27) % в порівнянні з процесом виморожування без акустичних коливань. При підвищенні *f*а до 100 кГц зростає крихкість вимороженої фази і процес виморожування не відбувається;  - перпендикулярно спрямовані до фронту кристалізації акустичні хвилі найбільшим чином впливають на прошарок розчину біля фронту кристалізації. При цьому масова частка розчинних речовин у розчині біля фронту кристалізації зменшується на15 - 17 %, а масова частка розчинних речовин у ядрі розчину збільшується на 14-15 % в порівнянні з процесом без акустичних коливань. Акустичні хвилі, спрямовані вздовж фронту кристалізації, більшим чином інтенсифікують процес кристалізації води. При цьому у виморожену фазу захоплюється більша кількість розчину і масова частка розчинних речовин у розчині змінюється не значно;  - виморожування води із розчину на нижній поверхні горизонтального кристалізатора інтенсифікує процеси тепло- і масообміну в розчині на 20 – 30 %;  - застосування механічного відбору розчину із міжкристалічної структури твердої фази в процесі виморожування підвищує вихід концентрованого продукту на 13 – 15 % і скорочує тривалість процесу гравітаційного сепарування в 2 рази.  9. Отримані та уточненні критеріальні рівняння для розрахунку процесів тепло- і масовіддачі при виморожуванні води із природних і промислових вод, соків та екстрактів в умовах природної конвекції та при механічному перемішуванні розчину.  10. Розроблені інженерні методики та програми для розрахунку виморожуючих установок та процесів, які в них відбуваються. З використанням цих методик і програм розрахований параметричний ряд виморожуючих установок, оптимізовані режимні і конструктивні параметри, визначені техніко-економічні характеристики установок з потужністю по вихідній сировині від 200 до 10000 кг за цикл.  11. Розроблено технічне завдання на виробництво виморожуючих установок типу БЛС-П та технічну документацію на виробництво дослідної партії «Напою алкогольного «Глінтвейн» з кріоекстрактами пряно-ароматичної сировини» (ТУ У 15.9-26303655-30:2005).  12. Техніко-економічним обґрунтуванням, фізико-хімічними, санітарно-гігієнічними та мікробіологічними дослідженнями зразків рідких систем харчових виробництв, а також апробацією зразків виморожуючих установок та нової продукції підтверджена ефективність застосування виморожуючих установок в харчовій промисловості. | |