

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ЛЬДООБРАЗОВАНИЯ ПРИ КРИОКОНЦЕНТРИРОВАНИИ КОФЕЙНОГО ЭКСТРАКТА

Мордынский В.П., ассистент,
Терзиев С.Г., к.т.н., голова правління ЗАО «Одесхарчокомбінат»
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Исследована зависимость кинетики льдообразования при концентрировании кофейного экстракта методом блочного вымораживания на пластинчатом кристаллизаторе. Полученные частные зависимости динамики роста блока льда, его структуры и структуры получаемого концентрата от режимных и конструктивных параметров. Спроектировано кристаллизатор для концентрирования кофейного экстракта методом блочного вымораживания.

Исследована зависимость кинетики льдообразования при концентрировании кофейного экстракта методом блочного вымораживания на пластинчатом кристаллизаторе. Полученные частные зависимости динамики роста блока льда, его структуры и структуры получаемого концентрата от режимных и конструктивных параметров. Спроектировано кристаллизатор для концентрирования кофейного экстракта методом блочного вымораживания.

Ключевые слова: кофейный экстракт, криоцентрирование, пластинчатый кристаллизатор.

Кофейный рынок в Украине — один из наиболее быстрорастущих и развивающихся. По оценкам экспертов, ежегодный рост рынка кофе в Украине составляет примерно 10—15 %. Тенденция потребления растет как в количественную, так и в качественную сторону — это проявляется в увеличении частоты потребления и стремлении пить более качественный напиток, а также в увеличении доли дорогих сортов кофе. Наиболее популярный продукт, доля которого составляет 75-80 % — растворимый кофе. Ежегодно в Украине потребляют около 15 тыс. тонн этого продукта, однако доля отечественных производителей составляла, в самом благоприятном для них, 2004 году 1,1 тыс. тонн. После чего доля отечественного растворимого кофе неуклонно сокращается. Причин сокращения производства две. Первая из них — рекламная и маркетинговая политика и недостаточный рекламный бюджет отечественных производителей. Вторая, и самая важная, причина, — использование старых, энергоемких технологий. Основная доля энергозатрат, при производстве растворимого кофе, приходится на процесс удаления влаги в распылительной сушилке.

Один из способов снижения топливной составляющей в себестоимости продукции переход к новым, инновационным методам удаления влаги из кофейного экстракта, позволяющим получить продукт высокого качества при низких энергетических затратах. К таким методам относится процесс блочного вымораживания при концентрировании пищевых жидкостей. Суть способа заключается в получении, на стадии кристаллизации, пористого блока льда, в порах которого находится концентрированный продукт, а на стадии сепарирования удаления концентрата из блока под действием гравитационных сил. Данный способ характеризуется низкими энергетическими затратами, высокой скоростью льдообразования и высоким качеством получаемого продукта. Однако использование цилиндрических (игольчатых) кристаллизаторов в установках большой производительности нецелесообразно, так как, при срастании блоков льда объем жидкой фазы составляет 20-25 % жидкости при это концентрация получаемого продукта увеличивается незначительно, а дальнейшее вымораживание приведет к значительному уменьшению поверхности вымораживания и снижению кинетики роста блока льда. В установках тоннажной производительности целесообразно применять пластинчатые кристаллизаторы, при использовании которых поверхность раздела фаз не изменяется вплоть до срастания блоков льда. Кроме того они отличаются компактностью и повышают надежность оборудования. Однако для проектирования криоцентрираторов необходимо установить влияние конструктивных и режимных параметров на динамику роста блока льда, на его структуру и структуру получаемого концентрата. Для исследования кинетики вымораживания на плоских кристаллизаторах создан стенд, состоящий из концентратора, управляющего модуля, холодильной машины.

Опыты проводились на кофейном экстракте получаемый на ООО "Одеспищекоцентрарат". При проведении опытов регистрировались время процесса, объем, температуру и концентрацию жидкости, температуру кипения холодильного агента. Объем экспериментальных исследований представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Объем экспериментальных исследований.

Параметр	Кофейный экстракт
Концентрация, %	15...45
Температура испарителя, °С	-6 ... -25
Объем экстракта, м ³	0,001...0,01
Высота блока льда, м.	0,04...0,38
Время проведения эксперимента, час.	1,75...6,5

Влияние начальной концентрации на кинетику вымораживания кофейного, при различной температуре кипения холодильного агента представлен на рис. 1 и 2.

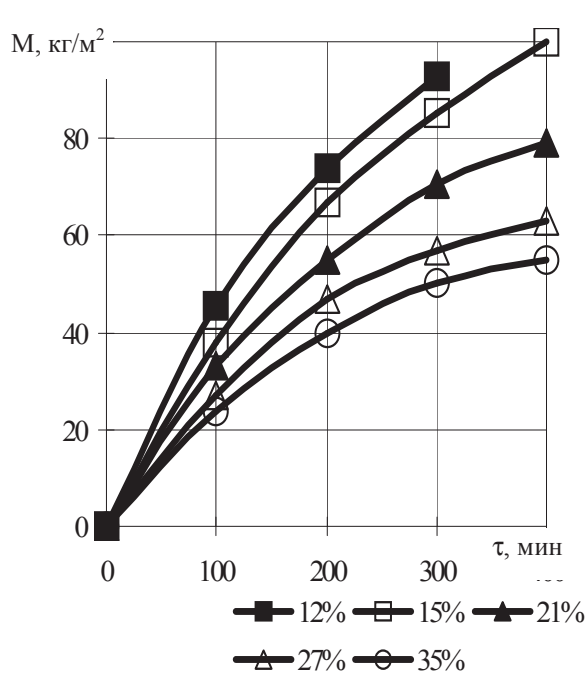


Рис. 1 – Кинетика роста блока льда при $t_H = -15^\circ\text{C}$

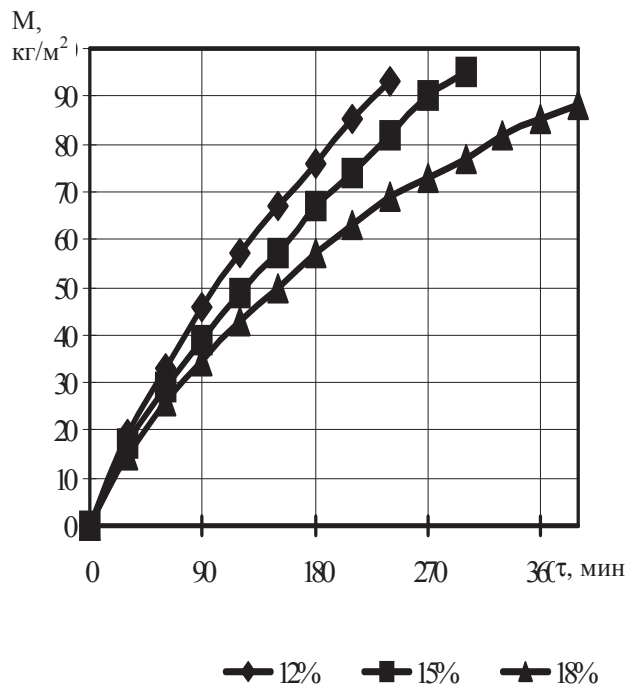


Рис. 2 – Кинетика роста блока льда при $t_H = -18^\circ\text{C}$

Влияние температуры кипения холодильного агента на кинетику льдообразования представлена на рис.3 и 4. Как видно из представленных зависимостей при повышении концентрации и снижении температуры кипения холодильного агента скорость роста блока льда уменьшается. Притом значительное снижение скорости льдообразования начинается при достижении толщины льда 4,5-5 см., поэтому проектировать аппараты с большим зазором нецелесообразно. Влияние режимных параметров на структуру получаемого продукта представлены на рис. 5 и 6.

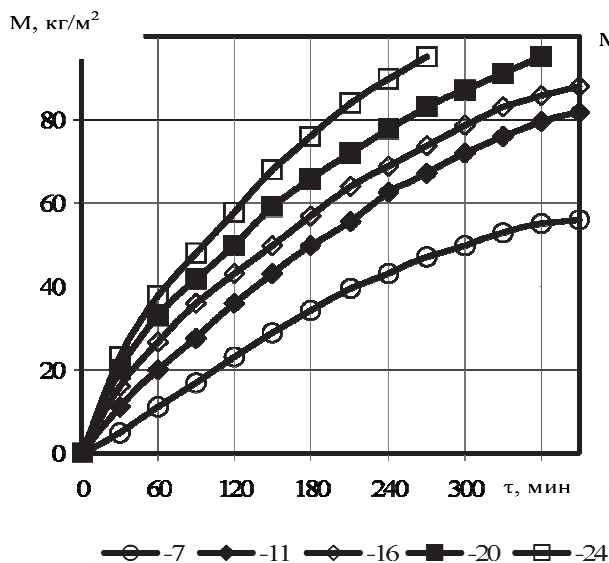


Рис 3 – Кинетика роста блока льда при $c_n=12\%$

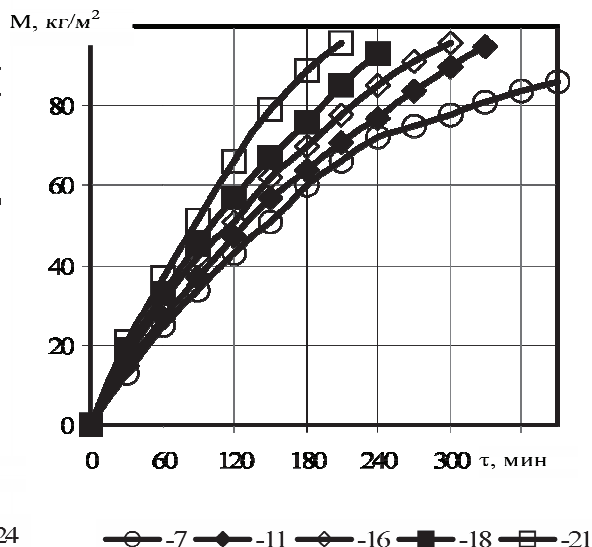


Рис 4 – Кинетика роста блока льда при $c_n=18\%$

Для разработанных концентраторов характерно, что скорость роста концентрации по мере увеличения массы блока льда и уменьшения зазора между блоками льда увеличивается. Это характерно как для пластинчатых так и цилиндрических кристаллизаторов. Это имеет место и при изменении температуры и, особенно, концентрации.

Проведенные энергетические исследования показали, что опытный образец концентратора на пластинчатых кристаллизаторах позволяет получить удельные энергозатраты на уровне 0,04-0,1 кВт.час электроэнергии на 1 кг выморозившей воды, а в при использовании тепла плавления льда на уровне 0,025-0,07 кВт.час электроэнергии на 1 кг.

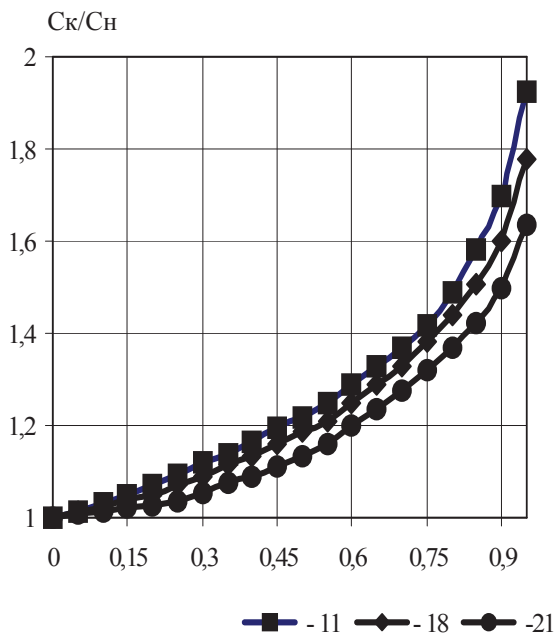


Рис 5 – Степень изменения концентрации жидкой фазы при $c=15\%$

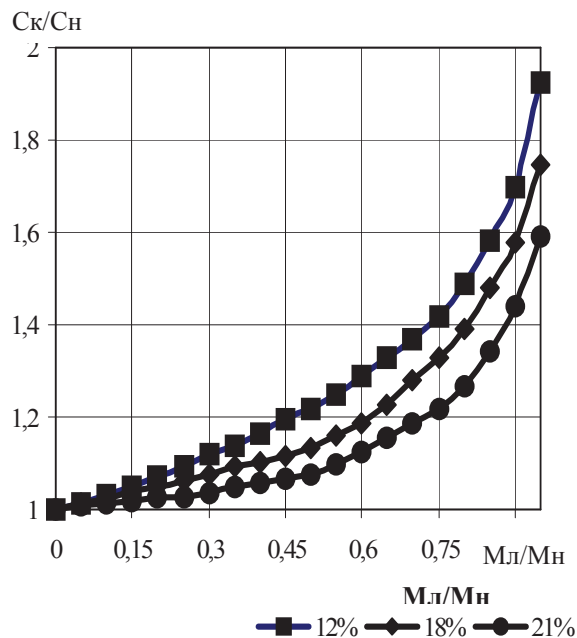


Рис 6 – Степень изменения концентрации жидкой фазы $t_{xa}=-11^{\circ}\text{C}$

Полученные зависимости позволили рассчитать и спроектировать трехступенчатый криоконцентратор

производительностью 150 кг/час удаленной влаги. Использование метода блочного вымораживания на пластинчатых кристаллизаторах позволит получить экономический эффект 120 грн. на 1 тонну удаленной влаги, снизить в 3 раза количество удаляемой влаги в сушильной камере. Капитальные затраты окупятся за 5-6 лет использования криоконцентратора. Кроме того получаемый концентрат экстракта полностью сохраняет свой натуральный состав.

Литература

1. Бурдо О.Г. Оптимізація параметрів процесу концентрування харчових рідин методом блочного виморожування. Мординський В.П., Аль-Згул-Бассам. [Текст] Наукові праці ОДАХТ: Вип. 15 (Одес. держ. акад. харчової технології. Гол.ред. М.Д.Захаров. - Одесса, 1995. - 220с.
3. Бурдо О.Г. Расчет и проектирование оборудования для криоконцентрирования виноматериалов, Коваленко Е.А., Милинчук С.И. Мордынский В.П. [Текст] Научная конференция ОГАПТ, посвященная 100-летию академии.
4. Мордынский В.П. Аппараты для криоконцентрирования жидких пищевых продуктов Гриняк А.Н [Текст] // Тезисы доклада 53 научной конференции 20 -30 апреля 1993 г. - С.225
5. Мордынский В.П. Экспериментальное исследование массопереноса при блочном вымораживании на плоском кристаллизаторе [Текст]// Тезисы доклада 55 научной конференции 11-14 апр. 1995 г. - Одесса, 1993г. - С. 245
6. Мординський В.П. Дослідження процесів тепломасообміну на пластинчатих кристалізаторах. ОДАХТ "Наукові праці" вип. 22 2004 р.
7. Мордынский В.П. Изучение влияния различных методов разрушения пограничного слоя при блочном вымораживании пищевых жидкостей.// Наукові праці. – Вип.28 Т2.- Одеса, ОНАХТ – 2006. – с 86-90.