

УДК 664.1.035

Н.А. Гусятинська, С.М. Тетеріна, А.А. Ліпец, В.О. Мірошник

Національний університет харчових технологій

**ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО
РЕЖИМУ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ САХАРОЗИ З БУРЯКОВОЇ
СТРУЖКИ ПРИ ПЕРЕРОБЛЕННІ БУРЯКІВ ПОГІРШЕНОЇ ЯКОСТІ**

На підставі математичної обробки результатів експериментальних досліджень встановлена емпірична залежність ефекту очищення соку, приросту редукувальних речовин, ефекту видалення високомолекулярних сполук в процесі екстрагування від температури та рН живильної води, що використовується для вилучення сахарози з бурякової стружки.

Питання удосконалення технології вилучення сахарози із бурякової стружки є актуальним, так як впровадження сучасних заходів сприяє покращанню якості дифузійного соку та зменшенню втрат сахарози внаслідок розкладання. При вилученні сахарози з буряків важливо дотримуватись у кожному конкретному випадку оптимального технологічного режиму, який характеризується такими основними критеріями, як температура, величина відкачки соку, рН₂₀ та якість живильної води [1]. Ці параметри встановлюються таким чином, щоб повнота вилучення цукрози з бурякової стружки була максимальною, а перехід нецукрів у сік та втрати сахарози при цьому – мінімальними. Крім того, технологічний режим має враховувати якість цукрових буряків, їх хімічний склад та фізичний стан.

Підвищений вміст високомолекулярних сполук, зокрема, пектинових речовин у дифузійному соку спричинює труднощі при очищенні та

фільтруванні соку першої сатурації. Необхідно відзначити, що основними причинами підвищеного вмісту пектинових речовин у дифузійному соку є низька якість буряків, що переробляються, та порушення технологічного режиму в процесі екстрагування. Значне накопичення колоїдних речовин у клітинному соку буряків спостерігається при довготривалому їх зберіганні та розвитку кагатної гнилі [2].

Перехід речовин колоїдної дисперсності в процесі екстрагування сахарози залежить від багатьох факторів: рН₂₀ середовища, тривалості процесу, температури, хімічного складу екстрагенту та способу його оброблення, що зумовлено хімічною природою сполук, що входять до складу РКД.

Відомо, що інтенсивність гідролізу протопектину підвищується з підвищенням температури [3]. Дослідження П. М. Сіліна показують, що накопичення пектинових речовин в дифузійному соку відбувається інтенсивно при температурі процесу вище за 80°C. Що стосується оптимальної величини рН при якому спостерігається найменший перехід у розчин пектинових речовин, то існує ряд думок, згідно яких оптимальний діапазон рН₂₀ змінюється від 5,0 [3] до 5,7...6,5 [4]. Отже, перехід високомолекулярних речовин, в тому числі, пектинових речовин у процесі екстрагування у дифузійний сік залежить від стану цукрових буряків, технологічних параметрів процесу та в значній мірі визначає технологічний режим роботи дифузійного апарату.

Іншим фактором, який суттєво впливає на технологічний режим процесу екстрагування є розклад сахарози внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів та кислотного каталізу. Для зменшення розвитку мікробіологічних процесів та спричинених ними втрат сахарози внаслідок розкладання потрібно підтримувати температуру не нижчу 70 °C [5]. Найменше розкладання сахарози спостерігається у нейтральному середовищі. При збільшенні кислотності середовища відбувається гідроліз

сахарози з утворенням редукувальних речовин та ряду кислот.

Таким чином, при встановленні оптимального технологічного режиму в процесі екстрагування необхідно керуватися високою чистотою дифузійного соку, найменшим переходом ВМС, в т.ч. пектинових речовин та найменшим приростом в соку редукувальних речовин та органічних кислот. Вищеназвані показники в значній мірі залежать також і від способу підготовки живильної води для процесу екстрагування. Так як застосування коагулянтів – солей алюмінію для підготовки живильної води сприяє значному їх покращенню, то важливим є визначення оптимальної температури процесу та pH_{20} живильної води при їх застосуванні за допомогою сучасних методів математичного оброблення експериментальних досліджень [6].

Нами були проведені лабораторні дослідження процесу екстрагування сахарози з буряків погіршеної якості з наявністю коренеплодів, уражених кагатною гниллю до 5 %. В ході досліджень варіювали технологічні параметри процесу в діапазоні температур – 60...80 °C та pH_{20} – 4,5...7,0. Для підготовки живильної води використовували основний сульфат алюмінію.

За результатами експериментальних досліджень (рис.1) одержані залежності ефекту очищення в процесі екстрагування від температури процесу та pH_{20} живильної води.

Крім того, проводили лабораторні дослідження для визначення впливу рН екстрагенту на розклад сахарози в процесі екстрагування. Для цього вихідний дифузійний сік розділяли на проби, до яких додавали основний сульфат алюмінію з метою доведення рН до значень 4,5-7,0. Підготовлені проби витримували при певній температурі (60-80°C) протягом 90 хв. Відбирали проби соку через 60 та 90 хв та аналізували на вміст редукувальних речовин та органічних кислот.

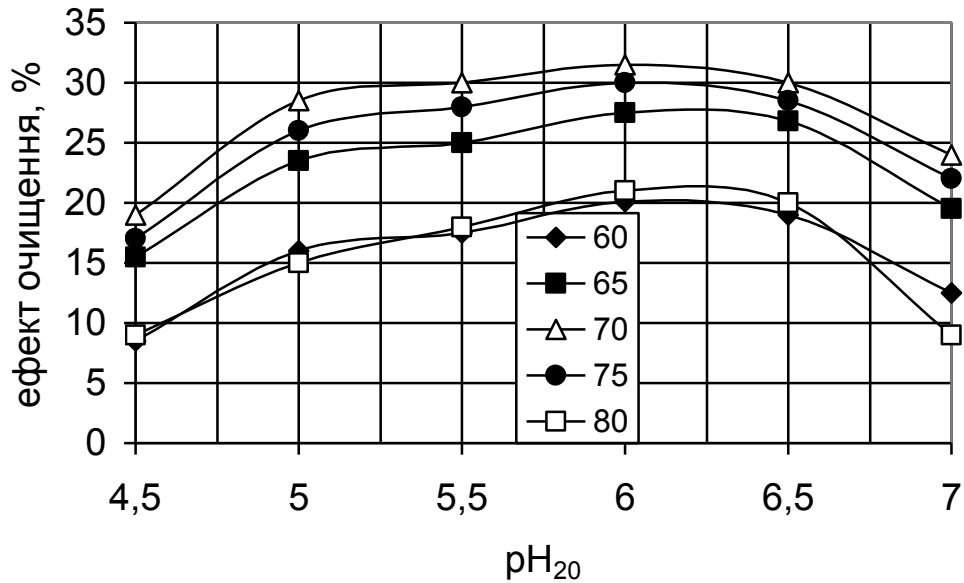


Рис.1. Залежність ефекту очищення в процесі екстрагування від температури процесу(°C) та рН₂₀ живильної води.

На підставі математичної обробки результатів експериментальних досліджень методом найменших квадратів встановлена емпірична залежність ефекту очищення соку (f1), приросту редуковувальних речовин (f2), ефекту видалення високомолекулярних сполук (f3) в процесі екстрагування від температури (x) та рН живильної води (y), що використовується для вилучення сахарози з бурякової стружки:

$$f1(x, y) = -709,42 + 15,35 \cdot x + 67,86 \cdot y + 0,04 \cdot x \cdot y - 0,11 \cdot x^2 - 5,96 \cdot y^2,$$

$$f2(x, y) = -175,27 + 6,25 \cdot x - 10,54 \cdot y - 0,97 \cdot x \cdot y + 0,008 \cdot x^2 + 5,19 \cdot y^2,$$

$$f3(x, y) = -1509,72 + 39,82 \cdot x + 85,14 \cdot y - 0,15 \cdot x \cdot y - 0,29 \cdot x^2 - 6,88 \cdot y^2.$$

Вибір рівнянь і розрахунок та уточнення коефіцієнтів цих рівнянь здійснювали за допомогою пакету прикладних програм Mathcad Professional 2000, які, крім цього, включали розрахунок середньоквадратичної похибки, шляхом порівняння розрахункових значень з дійсними. Величина середньоквадратичних похибок отриманих рівнянь знаходиться в межах допустимості.

В якості цільової функції вибрано узагальнений критерій оптимальності:

$$F(x) = \prod_{i=1}^3 f_i^{\delta \cdot \lambda_i} \rightarrow \max$$

Локальними критеріями оптимальності є функції ефекту очищення (f1), приросту редуковувальних речовин (f2), ефекту видалення пективих речовин (f3) в процесі екстрагування представлені у безрозмірній формі. Для переведення з натуральних значень локальних критеріїв до безрозмірної величини використовували метод Харрінгтона. Вагові коефіцієнти λ_i вибрані з урахуванням технологічних особливостей процесу, відповідно для ефекту очищення $\lambda_1=0,5$; ефекту видалення високомолекулярних сполук $\lambda_2=0,25$; приросту редуковувальних речовин $\lambda_3=0,25$.

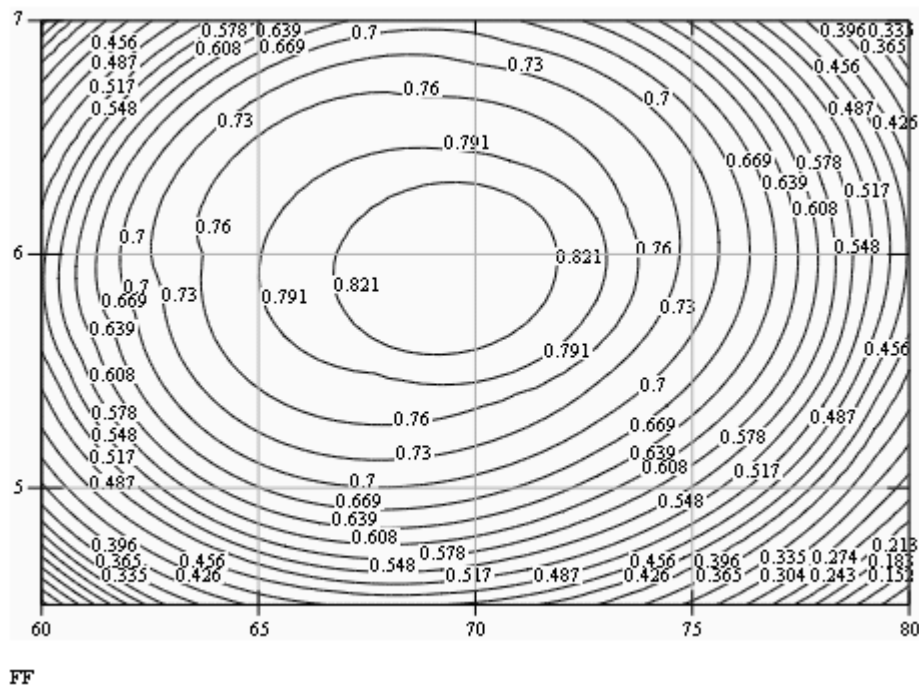


Рис.2. Лінії рівня узагальненого критерію цільової функції на полі допустимих значень температури і рН₂₀.

Таким чином, в результаті рішення оптимізаційної задачі визначені оптимальні значення температури і рН₂₀ процесу екстрагування (Рис.2.) при переробленні буряків погіршеної якості з використанням для підготовки живильної води основного сульфату алюмінію. З урахуванням оптимальних значень (рН₂₀=5,9; Т=69°С) був визначений допустимий діапазон зміни температури в межах 67-72°С та рН₂₀ живильної води – 5,7-6,3.

Результати вирішення задачі оптимізації були підтверджені в промислових умовах роботи цукрових заводів при переробленні буряків різної якості в сезон 2005 р.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Физико-химические процессы сахарного производства* / И.С. Гулый, В.М. Лысянский, Л.П. Рева и др. – М.: Агропромиздат, 1987. – 264 с.
2. *Технологічна якість цукрових буряків та підвищення ефективності виробництва цукру* / В.М. Мількевич, В.В. Куянов, Ю.С. Іоніцой та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 132 с.
3. *Силин П.М.* Технология сахара. – М.: Пищ. пром-сть, 1967. – 624 с.
4. *Кулинич Н.В., Ярмилко В.Т., Валовой Б.Н.* Влияние качества питательной воды для диффузионного процесса на изменение рН диффузионной среды // Сах. пром-сть. – 1980. – №4. – С. 17-20.
5. *Вплив коагулянтів на мікробіологічні процеси у дифузійному апараті* / Н.А. Гусятинська, А.А. Ліпец, М.В. Гусятинський, С.М.Коровко // Цукор України. – 2003. – №6. – С. 15-17.
6. *Кафаров В.В., Глебов М.Б.* Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.