

Кисла Л.В., Романова З.М., Єлісеєва О.К. Хміль О.М.

Кислая Л.В., Романова З.М., Елисеева О.К. Хмель О.М.

Kusla L.V., Romanova Z.M, Eliseev D.C Chmel A.M

Механохімія у виробництві високодисперсних порошків з плодово-ягідної сировини

Механохимия в производстве высокодисперсных порошков из плодово-ягодного сырья

Mechano-chemistry in the production of fine powders of raw fruits and berries

Диспергування порошку супроводжується поглинанням механічної енергії. Це поглинання може ініціювати розкладання речовин (у тому числі деструкцію полімерів), поліморфні перетворення, гетерогенні реакції твердих тіл з газами і рідинами, твердофазний синтез в сумішах порошків і інші реакції. Активація подрібненням як новий спосіб прискорення фізико-хімічних процесів знаходить все більш широке застосування. Вона вже вийшла з рамок лабораторних досліджень та використовується як засіб прискорення технологічних процесів або як спосіб зміни технологічних параметрів режимів обробки мінеральної сировини.

Диспергирование порошка сопровождается поглощением механической энергии. Это поглощение может инициировать разложение веществ (в том числе деструкцию полимеров), полиморфные превращения, гетерогенные реакции твердых тел с газами и жидкостями, твердофазный синтез в смесях порошков и другие реакции. Активация измельчением как новый способ ускорения физико-химических процессов находит все более широкое применение. Она вышла из рамок лабораторных исследований и используется как средство ускорения технологических процессов или как способ изменения технологических параметров режимов обработки минерального сырья.

Dispersing the powder accompanied by absorption of mechanical energie. This absorption can initiate decomposition of substances (including degradation of polymers), polymorphic transformations, heterogeneous reactions of solids with gases and liquids, solid phase synthesis in mixtures of powders and other reactions. Enabling fragmentation as a new way to accelerate the physical and chemical processes is becoming more widely used. It is out of scope of laboratory studies and is used as a means of accelerating technological processes or as a means of changing process parameters modes of processing mineral resources.

**Ключові слова:** кристали, диспергування, механохімія, рослинна сировина, подрібнення.

**Ключевые слова:** кристаллы, диспергирование, механохимия, растительное сырье, измельчение.

**Key words:** crystals, dispersion, mehanohimiya, plantstuff shredding.

Механічно активовані речовини володіють високою реакційною здатністю, що важливо для багатьох практичних застосувань:

При обробці порошків у млинах, дезинтеграторах і аналогічних подрібнювальні апаратах речовини передається механічна енергія. У результаті відбувається диспергування (зменшення розмірів частинок), утворюється нова поверхня частинок. Однак, це не єдиний результат механічної обробки. Крім цього, можуть спостерігатися:

деформація кристалів; утворення великої кількості дефектів; зсування напруги; зміна розмірів мікроблоків, що утворюють кристал; агрегація кристалітів; виділення тепла; локальний підйом температури і тиску; емісія світла і електронів; фазові перетворення; аморфізація; розрив хімічних зв'язків; прискорення процесів дифузії; формування центрів з підвищеною активністю на новостворених поверхнях. Ці явища можна віднести до ефектів механічної активації. Активність твердих тіл при деформації, терті або руйнуванні викликана виникненням коливально-і електронно-збуджених станів міжатомних зв'язків, механічно напружених і розірваних зв'язків, у тому числі вільних радикалів, координаційно ненасичених атомів, різних структурних дефектів, а також іонізацією частинок речовини і стабілізацією електрично заряджених центрів.

Поглинання механічної енергії може ініціювати розкладання речовин (у тому числі деструкцію полімерів), поліморфні перетворення, гетерогенні реакції твердих тіл з газами і рідинами, твердофазний синтез в сумішах порошків і інші реакції. З поглинанням механічної енергії пов'язаний також хімічний знос поверхонь тертя і робочого інструмента в процесах механічної обробки, руйнування конструкційних матеріалів, що працюють при статичних або динамічних навантаженнях в активних середовищах, наприклад, корозія напруженого металу.

Механічно активовані речовини володіють високою реакційною здатністю, що важливо для багатьох практичних застосувань:

Спикання механічно активованих порошків відбувається при температурах на десятки і сотні градусів нижче, ніж для неактивованих речовин;

Можливе проведення МЕХАНОХІМІЧНО реакцій безпосередньо в подрібнювальній апараті (наприклад, в планетарній млині), можливий твердофазний МЕХАНОХІМІЧНО синтез;

Підвищується розчинність і швидкість розчинення твердих тіл в рідинах;

Можливе підвищення каталітичної активності каталізаторів.

Виявлення факторів, відповідальних за збільшення реакційної здатності, - важливе завдання в дослідженні фізико-хімічних властивостей механічно активованих з'єднань.

### Застосування механічної активації

Активація подрібненням як новий спосіб прискорення фізико-хімічних процесів знаходить все більш широке застосування. Вона вже вийшла з рамок лабораторних досліджень та використовується як засіб прискорення технологічних процесів або як спосіб зміни технологічних параметрів режимів обробки мінеральної сировини.

Активація мінеральних речовин подрібненням з успіхом застосовується в технології вугілля, для інтенсифікації гідрометалургійних процесів, при виробництві добрив, будматеріалів, композиційних сумішей і т. д.; відкриває перспективу вторинної переробки мінеральної сировини, складованого у відвали, підвищення комплексного і раціонального використання мінеральних ресурсів, а також ослаблення шкідливого впливу промисловості на навколишнє середовище

Перспективне використання активації подрібненням в процесах вилугування, екстракції, селективного і валового розчинення речовин. Зняття лімітують стадій процесу дозволяє багаторазово прискорити переведення твердих компонентів в розчинений стан. Енергетичні витрати на активацію окупаються економією часу і більш повним витягом розчиняються компонентів.

Інший перспективний напрямок використання активації подрібненням - підготовка композиційних сумішей. Композиційні суміші широко використовуються в самих різних

галузях промисловості. Їх готують у вигляді шихти перед піропроцесами; застосовують при підготовці пресспорошків; використовують при підготовці твердих розчинів для каталізаторів або інших цілей; на їх основі працює керамічна промисловість; їх застосовують при підготовці формувальних земель, флюсів; для покриття електродів; для штампування металокерамічних деталей, клейових композицій і т. п.

Шляхом О використання такої технології можна отримати високодисперсні порошки (ВДП) з плодовоовочевої сировини, в яких максимально збережено весь комплекс біологічно активних речовин. Отримані порошки є не тільки безпечними для отримання безалкогольних напоїв, спектр їх використання ще нами вивчається.

Суть запропонованої технології полягає в диспергуванні та одночасному висушуванні сировини в аеродинамічному млині, в конструкцію якого входить нагрівач теплоносія (повітря), помольна камера, класифікатор, пиловловлювач і бункер готового продукту. Рослинна сировина поступає в нижню частину помольної камери і попадає в зону дії робочого колеса, на якому радіально закріплені лопасті з білами. Матеріал розганяється і підлягає ударному руйнуванню, а за рахунок подачі теплоносія відбувається також одночасне висушування матеріалу до вологості 6-7 %.

Для максимального збереження біологічно-активних речовин сировини необхідно дотримуватися температури в помольній камері не більше 90 °С, що досягається шляхом зниження вологості сировини до 30-40 % за рахунок попереднього віджимання соку з плодів та овочів. Запропонована технологія передбачає одержання натурального соку із плодовоовочевої сировини і високодисперсних порошків з вижимків.

Нами були проведені дослідження хімічного складу високодисперсних порошків, одержаних з різної плодовоовочевої сировини в порівнянні з вмістом основних складових компонентів в грубо подрібнених зразках, що використовували в якості контролю (табл.1).

Таблиця 1. Вплив диспергування на хімічний склад високодисперсних порошків.

| Сировина         | Вміст компонентів: |      |                  |      |                  |       |                    |      |           |      |                           |      |                          |            |
|------------------|--------------------|------|------------------|------|------------------|-------|--------------------|------|-----------|------|---------------------------|------|--------------------------|------------|
|                  | Глюкоза, г/100 г   |      | Фруктоза г/100 г |      | Сахароза г/100 г |       | Сума цукрів,г/100г |      | Пектин, % |      | Органічні кислоти, мг/екв |      | Вітаміни в ВДП, мг/100 г |            |
|                  | Конт- роль         | ВДП  | Конт роль        | ВДП  | Конт роль        | ВДП   | Конт роль          | ВДП  | Конт роль | ВДП  | Конт- роль                | ВДП  | С                        | β-ка ротин |
| Буряк стол.      | 6,2                | 12,3 | 4,1              | 9,67 | 11,2             | 25,7  | 21,5               | 47,7 | 5,6       | 8,2  | 3,8                       | 9,57 | -                        | -          |
| Морква           | 7,31               | 13,2 | 2,72             | 8,52 | 11,1             | 22,1  | 21,1               | 43,9 | 6,1       | 9,6  | 11,6                      | 29,1 | 7,8                      | 23,5       |
| Горобина червона | 3,95               | 6,0  | 5,67             | 10,2 | 2,07             | 2,4   | 11,7               | 18,6 | 15,4      | 27,7 | -                         | -    | 14,7                     | -          |
| Яблука           | 8,6                | 15,3 | 10,2             | 22,3 | 9,41             | 15,9  | 28,2               | 53,5 | 7,3       | 12,8 | 12,7                      | 40,3 | 10,6                     | -          |
| Вишня            | 7,43               | 12,3 | 9,95             | 18,3 | 7,4              | 11,15 | 25,7               | 27,8 | 2,4       | 7,6  | 11,2                      | 43,9 | 14,1                     | -          |

Проведені дослідження показали, що при диспергуванні плодів та овочів спостерігається суттєве збільшення складових компонентів у зразках високодисперсних порошків порівняно з їх вмістом в грубо подрібнених зразках. Це пояснюється вивільненням цукрів, пектину з міжклітинного простору, а також механо-хімічними явищами, що відбуваються при деструкції плодів та овочів, зокрема деструкцією білків до амінокислот. Причому, м'які структури (горобина), дають менші зміни вмісту цукрів при диспергуванні, ніж тверді (буряк, морква). Так, вміст цукрів у буряку, моркві зростав у 2

рази, в той час як у горобині, яблуках, вишні цукри збільшувались в 1,5-2 рази. Вміст органічних кислот збільшувався до 40 %.

Вміст солей важких металів і нітратів у високодисперсних порошках був у межах норми. ВДП завдяки високому вмісту біологічно активних речовин забезпечують високу біологічну цінність кінцевого продукту. Термін зберігання порошоків, одержаних за запропонованою технологією подовжився до 1 року. Високодисперсні порошки, що одержують з плодових і овочевих вижимків мають високу енергетичну цінність і їх можна застосовувати в харчовій, фармацевтичній промисловості, надаючи готової продукції лікувально-профілактичні властивості. ВДП використовують як біодобавки в продуктах дієтичного, профілактичного та дитячого харчування, у хлібопекарських та кондитерських виробках, а також в рецептурах швидкокорозварюваних сухих концентратів. Нами були розроблені рецептури безалкогольних напоїв з добавкою високодисперсних порошоків вишні, моркви, яблук. Отримано оригінальний хліб високої якості з підвищеним протекторним впливом. Запропонована технологія переробки рослинної сировини дає можливість не тільки повністю зберегти все корисне, що подарувала нам природа, але й додатково збагатити біологічно активними речовинами продукти, що виробляються на їх основі, підвищити їх лікувально-профілактичні і, зокрема, радіопротекторні властивості. Нажаль, в природі не існує продукту, що містить всі необхідні людині компоненти для повноцінної життєдіяльності організму. Запропонована технологія дозволяє одержати продукт, збагачений такими групами активних речовин, як вітаміни, мікро- і макроелементи, вуглеводи, тощо.

Активнація подрібненням повинна знайти застосування при вирішенні питань комплексного використання мінеральних ресурсів та зниження шкідливого впливу продуктів переробки промисловості на навколишнє середовище. Зокрема, це можуть бути: утилізація відходів виробництва і ліквідація відвалів; очистка стічних вод з уловлюванням на активованій поверхні цінних (і шкідливих) компонентів; облагороджування торфу, вугілля і горючих сланців перед спалюванням з одночасним вилученням металів, сірки та інших цінних компонентів; заміна випалу сульфідних і мишьяксодержачих концентратів безобжиговим процесом, заснованим на механоактивації. Активнація подрібненням, по всій видимості, отримає подальший розвиток як новий спосіб хімічного синтезу неорганічних речовин. Нарешті, активнація подрібненням може виявитися основою принципово нових технологічних процесів, коли допоміжна операція стає основною. В даний час у зв'язку з наявністю на ринку високоенергонапряженого подрібнювального устаткування промислового типу (планетарних млинів) є всі підстави для широкого промислового використання досягнень механохімії

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кудряшева А. А. Новые направления научно-технического развития в области питания, здоровья и экологии // Пищевая промышленность. — 2005. — № 10. — С. 92—93.
2. Магомедов Г. О., Брехов А. Ф., Шатнюк Л. Н, Окулич-Казарин Е. Г. Продукты функционального питания и экструзия // Пищевая промышленность. — 2004. — № 2. — С. 43—44.

БКЦВ. БПБВ. Сборник трудов по технической химии.-К: Мін.пром.України. Українське хімічне товариство, 1997, с 134-137