

АНАЛІЗ ДИСПЕРСНОГО СТАНУ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЗЕРНОВОГО ПОХОДЖЕННЯ

Чорний В. М., студент, Прищепя Ю. Ю., студент,
Лапіна Н. В., студент, Ляшко Г. В., студент, Рибачок А. В., студент,
Мисюра Т. Г., канд-т техн. наук, доцент,
Попова Н. В., канд-т техн. наук, доцент,
Запорожець Ю. В., канд-т техн. наук, доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Представлено результати досліджень дисперсного аналізу рослинної сировини зернового походження. На підставі отриманих даних побудовано диференціальні та інтегральні криві дисперсного складу сировини зернового походження різного помелу.

Results of the research of dispersed analysis of plant material grain origin. Based on these data constructed differential and integral curves of particulate materials of different origin grain milling.

Ключові слова: дисперсний аналіз, рослинна сировина, диференціальна крива, інтегральна крива.

У харчовій промисловості широко використовується процес подрібнення. Тому для попередньої характеристики подрібнення і визначення гранулометричного складу подрібнених сипких матеріалів використовується ситовий аналіз, що являє собою механічне розділення частинок сипкого матеріалу на фракції при його просіванні через набір стандартних сит, розмір отворів яких послідовно зменшується зверху вниз; частинки, що пройшли ці отвори, показують фракцію меншу від даного розміру (прохід), а ті, що не пройшли — фракцію більшу від даного розміру (схід) [1, 2].

Ситовий аналіз — визначення фракційного вмісту чи розподіл по розмірах частинок порошку і гранул просіюванням через сита.

Ситовий аналіз заснований на механічному розподілі частинок за крупністю. Просіювання здійснюють на різних ситах, що мають різноманітну форму і розміри отвору.

Використання ситового аналізу має ряд обмежень:

- для проведення аналізу потребується, як правило, достатньо велика кількість матеріалу (зазвичай не менше 25 г);

- метод не застосовується до несипучих або матеріалів які забивають отвори сита порошкоподібних матеріалів (маслянисті, липкі, схильні до комкування, тощо);

- якщо досліджувані зразки гігроскопічні або, навпаки, легко втрачають вологу, при проведенні аналізу слід контролювати вологість і температуру навколишнього середовища.

Визначення зернистого складу сипких матеріалів визначається за допомогою спеціального набору сит, розміри отворів яких зменшуються від сита до сита у сталому співвідношенні. Для виконання ситового аналізу просівають середню пробу матеріалу. Після закінчення просівання зважують залишки матеріалу у кожному з сит і зерна, які пройшли через нижнє (найтонше) сито. Відношення одержаних мас до навішування матеріалу, який взято для аналізу, дає вміст різних класів зерен у матеріалі, тобто зерен, розміри яких обмежені певними верхньою і нижньою межами.

Просіваючи матеріал через набір різних сит, можна розділити пробу на декілька фракцій. При ситовому аналізі число фракцій не повинно бути меншим 5 і не більше 20. Розміри частинок отриманих фракцій обмежені розмірами отвору сита.

Процеси розділення сипких матеріалів на класи за крупністю шляхом просіювання через одне або декілька сит називається грохоченням.

Грохоти поділяються на дві групи: неподвижні і подвижні. За формою просіювання поверхні розрізняють плоскі і циліндричні (барабанні) грохоти. Головна перевага барабанного грохоту – простота конструкції і рівномірність роботи. Недоліками являються великі габарити, мала продуктивність, низька ефективність, особливо при грохоченні мілкового матеріалу [1, 2].

Процес просіювання прийнято оцінювати двома показниками: продуктивністю та ефективністю.

Продуктивність грохота, тобто кількість початкового матеріалу, що надходить на грохот в одиницю часу, залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу (густини, форми, розміру зерен, вологості), розмірів сита, відносної швидкості руху матеріалу та сита, товщини шару й інших частин.

Ефективність грохочення характеризує якість процесу розділення, яка визначається процентним вмістом зерен сторонніх фракцій у даній фракції продукту.

При розділенні сировини більш ніж на два класи застосовують багаторазове просівання, яке реалізують трьома способами:

- 1) Від дрібного до великого – через сита, розташовані в одній площині, розміри отворів яких послідовно збільшуються;
- 2) Від великого до дрібного – через сита, розміщені одне над іншим, розміри отворів яких послідовно зменшуються;
- 3) Комбінованим способом.



Рис.1 – Апарат для ситового аналізу Таблиця 1 – Основні класи подрібнення зернової сировини

Клас подрібнення	Розмір часток початкового матеріалу, мм	Розмір часток подрібненого матеріалу, мм
Помел:		
грубий	1-5	0,1-0,04
середній	0,1-0,04	0,015-0,005
тонкий	0,1-0,04	0,005-0,001
колоїдний	>0,1	>0,001

Кожен із зазначених способів має свої переваги та недоліки [1, 2].

Перевагою просівання від дрібного до великого є: зручність обслуговування, ремонту та зміни сит; невелика висота грохота; розсередження розвантаження класів по довжині сит. Недоліками цього способу є низька якість просівання, оскільки вся маса матеріалу завантажується на сито з найдрібнішими отворами, і вони перекриваються великими шматками; кришіння крихких матеріалів.

У хімічній промисловості застосовують сита з сітками із сталевого вуглецевого дроту, а для просівання матеріалів, хімічно діючих на вуглецеву сталь — сита зі спеціальних сталей і кольорових металів (мідь, латунь та ін.). Сита являють собою обичайки, закриті знизу сітками. Розсів може проходити механічно або вручну. Для механічного розсіву сита збираються в стопку. В залежності від призначення і матеріалу, з якого вони виготовлені, розрізняють сита металічні, капронові, шовкові або листів з перфорованими отвором круглої або прямокутної форми. Звичайно розміри сит визначають на основі певних закономірностей, причому найчастіше сита класифікують згідно з лінійними розмірами їх отворів. Відношення розміру ячейки сита до розміру отвору наступного, більш дрібного сита, являються постійною величиною і називається модулем набору сит.

Сипкий матеріал зернового походження являє собою полідисперсну систему, для оцінювання дисперсності якої можуть бути використані наступні характеристики:

- максимальний (d_{max}), мінімальний (d_{min}), середній ($d_{сер}$) розміри частинок;
- питома площа поверхні ($F_{птг}$);
- функції розподілу маси частинок за розмірами $R(d)$ і $D(d)$. $R(d)$ дорівнює відношенню маси частинок, розмір яких більший ніж d , до загальної маси частинок. $D(d)$ дорівнює відношенню маси частинок, розмір яких менший ніж d , до загальної маси частинок;

- функція щільності розподілу маси частинок за їх розмірами $f(d)$.

Найбільш поширеним технологічним процесом є подрібнення. Ситовий аналіз являє собою попередню характеристику подрібнення.

У багатьох галузях інтенсивність технологічних процесів залежить від величини опрацьованих матеріалів; зменшення їх поверхні має велике значення для збільшення швидкості процесу, а також для виходу і якості кінцевого продукту. Подрібненню піддаються сировина, напівфабрикати і готові продукти. В процесі подрібнення часто комбінують різні способи, в нашому випадку використовувалась комбінована дія роздавлювання, розколювання, стирання. Для матеріалів, що відрізняються великою твердістю, більш ефективними являються удари і роздавлювання, для в'язких використовують розтирання, для крихких – розламування. При виборі способів подрібнення важливу роль відіграють фізичні властивості подрібнювального матеріалу, в першу чергу, його твердість та характер зламу. Так, для наших задач дослідження використовувалась дробарка ДМ-8 і подрібнювач млин ЛМЦ-1М.

Основною характеристикою процесу є ступінь подрібнення, що дорівнює відношенню середніх розмірів кусків матеріалу до і після подрібнення. Визначальними лінійними розмірами кусків є діаметр, або їхня середня геометрична величина. Практично вона визначається розміром сит, крізь які просівають весь матеріал до і після подрібнення.

Подрібнений матеріал сортується за величиною, формою, масі. Сортування за величиною проходить або за грохоченням або під дією струменя речовини чи повітря.

Звичайно ступінь подрібнення залежить від технологічних умов ведення процесу та визначається конструктивними та режимними параметрами апаратури, що використовується для здійснення цього

процесу. В основі принципу фізичної дії на подрібнюваний матеріал використовувалась комбінована дія роздавлювання, розколювання та стирання.

Залежно від розмірів початкового і подрібненого матеріалу зернової сировини розрізняють наступні класи подрібнення (помелу) (табл.1).

Ситовий аналіз, або встановлення гранулометричного складу подрібненої зернової сировини виконували на ситовому вібраційному аналізаторі, зображеного на рис.1. Для цієї серії експериментів також використовувались технічні ваги ОНАУС CL501; сушильна шафа СЭШ-3М; дробарка ЛМ-3, набір лабораторних сит СЛП 200 ОЦ; млин ЛМЦ-1М.

Характеристика крупності сипучої маси сировини, встановлювалась сухим способом, як кількісне співвідношення класів крупності за прийнятою шкалою з оформленням спеціальної таблиці виходів абсолютних та сумарних для кожного розміру сита та побудовою кривих ситового складу за даними таблиці диференціальних та інтегральних.

Методика дослідів полягала у наступному. Розраховувався середній розмір частинок фракцій $d_{ісер}$ як середне-арифметичне між розмірами отворів d_i сита, на якому фракція затрималася, і розмірами отворів d_{i-1} попереднього сита: $d_{ісер} = 0,5(d_i + d_{i-1})$.

Для побудови диференціальної кривої розподілу подрібненого матеріалу на горизонтальній осі відкладають середні розміри частинок, на вертикальній — кількість фракцій, що затрималася на кожному із сит (схід), % (мас) від загальної маси матеріалу.

Для побудови Інтегральної кривої розподілу подрібненого матеріалу на горизонтальній вісі відкладають розмір сита, а на вертикальній — кількість матеріалу в усіх фракціях, частинки в яких менші (прохід) або більші (схід) від розміру кожного із сит. Середньозважений розмір частинок визначають за рівнянням

$$d_{сер.зв.} = \sum_{i=1}^n m_i d_{ісер} ,$$

де m_i — масова частка кожної фракції подрібненого матеріалу, %; n — кількість фракцій, %.

Коефіцієнт відхилення R — це ступінь відхилення розмірів частинок від їх середнього розміру. При розрахунку цього коефіцієнта за допомогою інтегральної кривої розподілення подрібненого матеріалу від загальної маси подрібненого матеріалу відкидають по 16 % найбільших і найменших частинок, при цьому визначають d_{84} і d_{16} , а також d_{50} . Потім розраховують коефіцієнт відхилення за формулою:

$$R = \frac{d_{84} - d_{16}}{2d_{50}} \cdot 100 .$$

На замовлення компанії Choise для дослідів були використані в якості матеріалу солоди кукурудзи, вівса, ячменю та пшениці.

Був проведений ситовий аналіз (табл.2—6). Побудовано диференціальні та інтегральні криві дисперсного складу, деякі з яких наведені на рис.2а, 3а, 4а, 5а та рис.2б, 3б, 4б, 5б відповідно.

Таблиця 2 – Результати ситового аналізу кукурудзи крупного помелу

Розмір сита	$d_{сер, мм}$	$m_i, \% мас.$	Схід, %	Прохід, %	Розмір сита	$d_{сер, мм}$	$m_i, \% мас.$	Схід, %	Прохід, %
3	3,5	22,35	22,35	77,65	0,39	0,42	1,59	85,71	14,29
2	2,5	12,98	35,33	64,67	0,315	0,3525	0,87	86,58	13,42
1	1,5	34,77	70,1	29,9	0,3	0,3075	1,02	87,6	12,4
0,8	0,9	5,52	75,62	24,38	0,25	0,275	2,02	89,62	10,38
0,67	0,735	2,33	77,95	22,05	0,2	0,225	1,46	91,08	8,92
0,56	0,615	3,38	81,33	18,67	0,16	0,18	1,89	92,97	7,03
0,5	0,53	2,66	83,99	16,01	0,132	0,146	0,28	93,25	6,75
0,45	0,475	0,13	84,12	15,88					

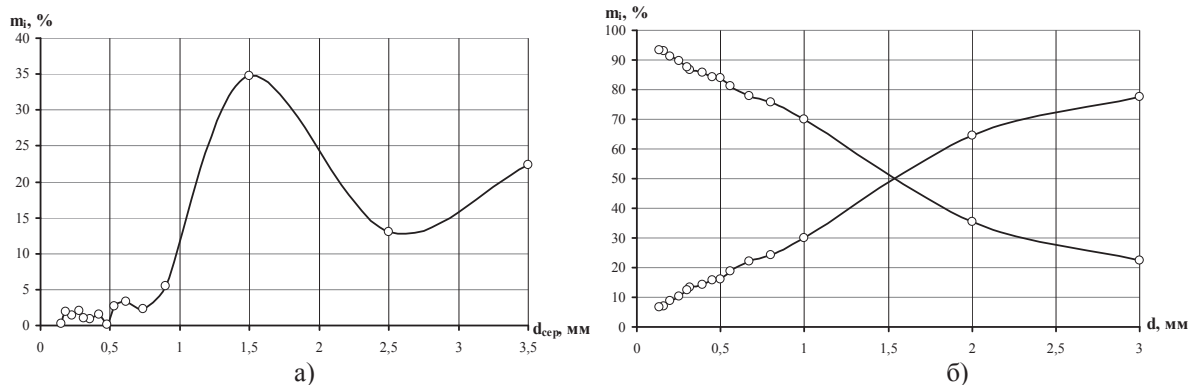


Рис. 2 – Диференціальна (а) та інтегральна (б) крива розподілу подрібненої рослинної зернової сировини (кукурудза, крупний помол)

Таблиця 3 – Результати ситового аналізу вівса крупного помелу

Розмір сита	$d_{сep}, \text{мм}$	$m_i, \%$ мас.	Схід, %	Прохід, %	Розмір сита	$d_{сep}, \text{мм}$	$m_i, \%$ мас.	Схід, %	Прохід, %
3	3,5	29,21	29,21	70,79	0,39	0,42	2,64	83,59	16,48
2	2,5	3,57	37,78	67,22	0,315	0,3525	0,24	83,83	16,24
1	1,5	23,92	56,7	43,3	0,3	0,3075	2,67	86,5	13,57
0,8	0,9	10,45	67,15	32,85	0,25	0,275	0,97	87,47	12,6
0,67	0,735	2,67	69,82	30,18	0,2	0,225	3,85	91,32	8,75
0,56	0,615	3,92	73,81	26,26	0,16	0,18	1,76	93,08	6,99
0,5	0,53	4,83	78,64	21,42	0,132	0,146	0,25	93,33	6,74
0,45	0,475	2,31	80,95	19,12					

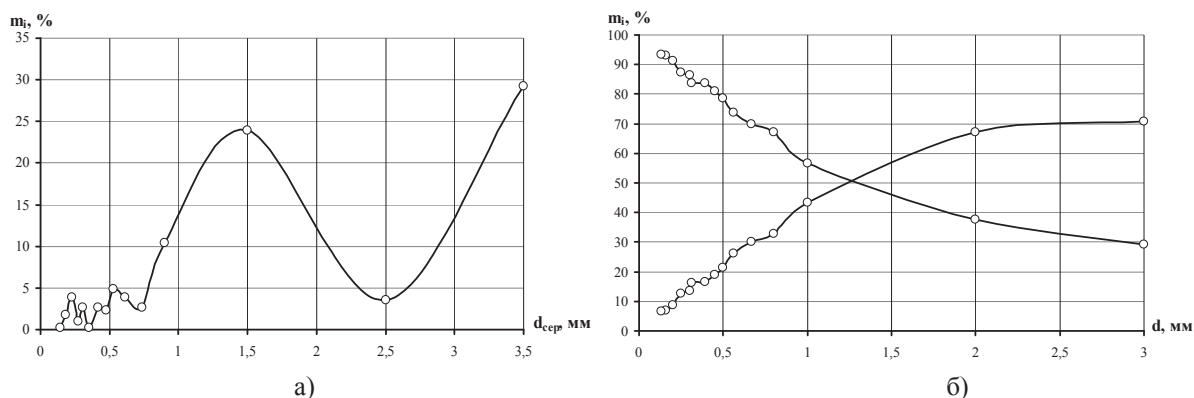


Рис. 3 – Диференціальна (а) та інтегральна (б) крива розподілу подрібненої рослинної зернової сировини (овес, крупний помол)

Таблиця 4 – Результати ситового аналізу ячменю крупного помелу

Розмір сита	$d_{сep}, \text{мм}$	$m_i, \%$ мас.	Схід, %	Прохід, %	Розмір сита	$d_{сep}, \text{мм}$	$m_i, \%$ мас.	Схід, %	Прохід, %
3	3,5	31,08	31,08	68,92	0,39	0,42	0,94	88,87	11,13
2	2,5	6,72	37,8	62,2	0,315	0,3525	0,2	89,07	10,93
1	1,5	36,53	74,33	25,67	0,3	0,3075	0,52	89,59	10,41
0,8	0,9	6,32	80,65	19,35	0,25	0,275	1,83	91,42	8,58
0,67	0,735	2,31	82,96	17,04	0,2	0,225	0,33	91,75	8,25
0,56	0,615	2,03	84,99	15,01	0,16	0,18	0,42	92,17	7,83
0,5	0,53	2,77	87,76	12,24	0,132	0,146	0,05	92,22	7,78
0,45	0,475	0,17	87,93	12,07					

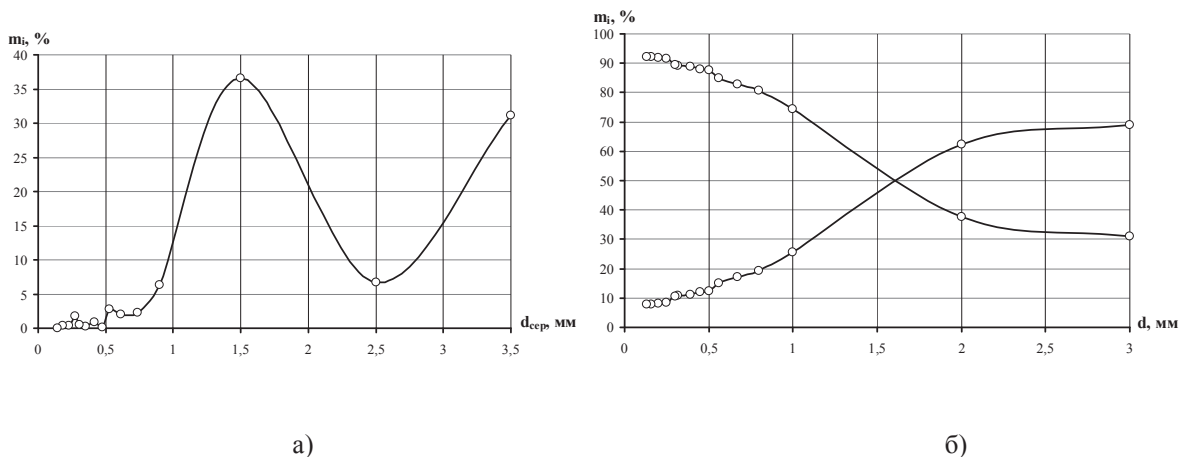


Рис. 4 – Диференціальна (а) та інтегральна (б) крива розподілу подрібненої рослинної зернової сировини (ячмінь, крупний помол)

Таблиця 6 – Результати ситового аналізу пшениці дрібного помелу

Розмір сита	$d_{\text{сєр}}, \text{мм}$	$m_i, \% \text{ мас.}$	Схід, %	Прохід, %	Розмір сита	$d_{\text{сєр}}, \text{мм}$	$m_i, \% \text{ мас.}$	Схід, %	Прохід, %
3	3,5	6,643	6,643	93,357	0,39	0,42	3,96	85,976	14,024
2	2,5	5,035	11,678	88,322	0,315	0,3525	2,767	88,743	11,254
1	1,5	37,3	48,978	57,022	0,3	0,3075	0,991	89,734	10,267
0,8	0,9	10,422	59,4	40,6	0,25	0,275	5,25	94,984	5,016
0,67	0,735	5,77	65,17	34,83	0,2	0,225	3,867	98,851	1,149
0,56	0,615	4,282	69,452	30,548	0,16	0,18	1,008	99,859	0,141
0,5	0,53	5,674	75,126	24,874	0,132	0,146	0,019	99,861	0,139
0,45	0,475	6,89	82,016	17,984					

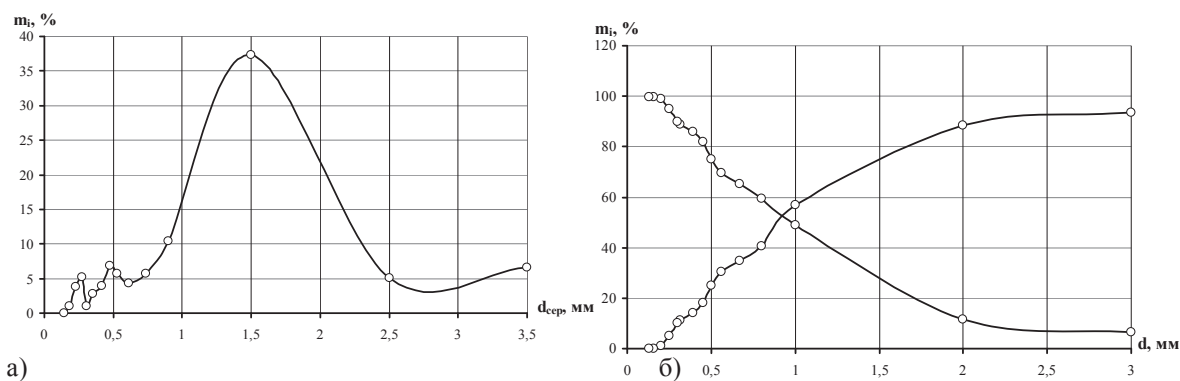


Рис. 5 – Диференціальна (а) та інтегральна (б) крива розподілу подрібненої рослинної зернової сировини (пшениця, дрібний помол)

Висновки. Аналізуючи диференціальні та інтегральні криві можливо встановити можливу раціональну ступінь подрібнення необхідну для дослідження і математичного моделювання технологічного процесу. Результати досліджень можуть бути використані для дослідження процесів у харчовій промисловості.

Література

1. Процессы и аппараты химической промышленности, под ред. П. Г. Романкова, Л., 1989, с. 520-22.
2. Андреев С. Е., Перов В. А., Зверевич В. В., Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых, 3 изд., М., 1980.