

## РОЗДІЛ 7. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ ТА РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА М'ЯСОРУБКАХ

### 7.1. Дослідження впливу конструктивних параметрів процесу подрібнення різних продуктів на його енергетичні та техніко-економічні показники

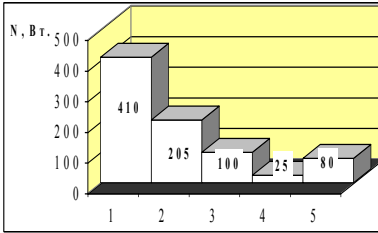
З метою вивчення впливу конструктивних параметрів процесу подрібнення різних продуктів на їх енергетичні та техніко-економічні показники нами був проведений ряд досліджень [1–8]. У процесі досліджень визначалася структура складових загальної потужності, яка використовується на проведення процесу подрібнення різних харчових продуктів рослинного і тваринного походження, визначався вплив кутів заточення ріжучих країв лез ножів і кутів заточення країв отворів ножових решіток, а також кута підйому гвинтової лінії шнека на енергетичні та техніко-економічні показники.

Результати проведених досліджень, спрямованих на уточнення структури складових потужності, що використовується на здійснення процесу подрібнення, наведені на рис. 7.1.

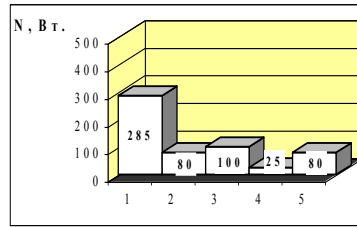
Аналізуючи результати досліджень, можна зазначити, що структура складових потужності для різних продуктів має істотні відмінності.

Найбільш енергоємними процесами подрібнення серед досліджуваних продуктів є процеси подрібнення м'ясного обрізу та вареного м'яса. Загальна потужність необхідна для здійснення процесів подрібнення цих продуктів на 30–46 % більше, ніж для процесів подрібнення стандартного котлетного м'яса та сирих овочів, і на 60–67 % більше, ніж для подрібнення варених овочів і фаршів.

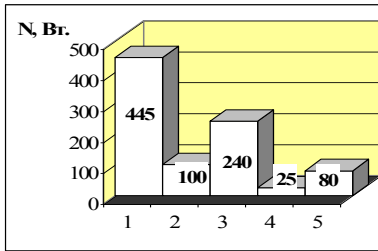
Крім відмінності загальної потужності процесу подрібнення, кожна зі складових загальної потужності при проведенні процесу подрібнення різних продуктів також суттєво відрізняється. Так, при подрібненні м'ясного обрізу (рис. 7.1а) одна тільки складова потужності використовується на здійснення процесу різання продукту безпосередньо у площині різання ріжучого механізму,  $N_{piz}$  складає 50 % усієї потужності, використовуваної на здійснення процесу подрібнення. Слід також зазначити, що значення цієї складової  $N_{piz}$  при подрібненні м'ясного обрізу дорівнює сумі трьох складових при подрібненні стандартного котлетного м'яса яловичини, а саме складової потужності, що використовується на різання продукту в площині різання  $N_{piz}$ ; потужності, використовуваної шнеком  $N_{шн}$ , і потужності, яка використовується на подолання сил тертя в площині



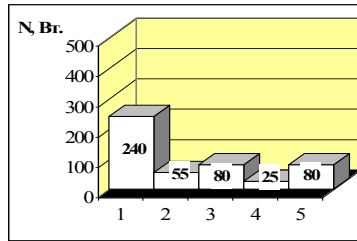
а



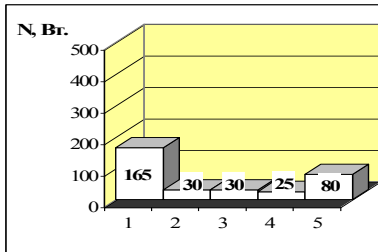
б



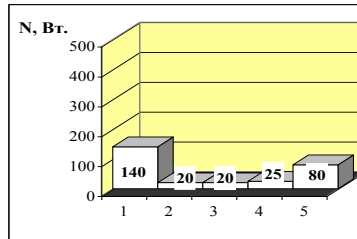
в



г



д



е

**Рис. 7.1.** Структура складових потужностей, що використовується для процесу подрібнення різних продуктів на м'ясорубці ММП-II-1 (діаметр отворів решітки 5 мм): а – м'ясний обріз; б – котлетне м'ясо (яловичина); в – м'ясо варене; м – овочі; д – овочі варені; є – подрібнення фаршів; 1 – загальна потужність ( $N_{\text{заг.}}$ ); 2 – потужність, що безпосередньо використовується на різання продукту в площині різання ( $N_{\text{різ.}}$ ); 3 – потужність, що використовується шнеком ( $N_{\text{шн.}}$ ); 4 – потужність, що використовується для подолання сил тертя ( $N_{\text{тер.}}$ ); 5 – потужність роботи приводу ( $N_{\text{пр.}}$ )

контакту ріжучих робочих органів,  $N_{\text{пр}}$ . Абсолютне значення розглянутої складової  $N_{\text{різ}}$  при подрібненні м'ясного обрізу на 50–90 % більше, ніж аналогічні складові при подрібненні відповідно вареного

м'яса, сирого котлетного м'яса, сирих овочів, варених овочів і фаршів. Велике значення  $N_{piz}$  при подрібненні м'ясного обрізу обумовлено високими показниками міцності цього виду сировини. Так, наприклад, межа міцності при розтяганні сухожилля (при температурі 0 °С) у 750...1500 разів більше, ніж у м'язових волокон [9–12], а опір різанню різних видів з'єднувальної тканини в 8...53 рази більше, ніж опір різанню різних груп м'язів туші яловичини [13]. Вищезазначене говорить про необхідність удосконалювання процесу подрібнення м'ясного обрізу з метою зниження його загальної енергоємності шляхом розробки апаратного оформлення цього процесу, який дозволяє істотно знизити складову потужності  $N_{piz}$ , що використовується на різання продукту безпосередньо в площині різання.

У випадку подрібнення вареного м'яса (рис. 7.1в) максимальними будуть витрати потужності, що використовується шнеком на просування продукту від зони завантаження до зони різання, вдавнення його в отвори ножових решіток і подолання сил тертя на поверхні контакту продукту з конструктивними елементами подрібнювача. При цьому слід зазначити, що значення цієї складової дорівнює загальній потужності, що використовується на здійснення процесу подрібнення варених овочів і фаршів. Вищезазначене обумовлено специфікою структурно-механічних властивостей цих видів сировини, а саме порівняно низькими характеристиками міцності фаршів і варених овочів.

Особливістю результатів, наведених на рис. 7.1, є сталість значення складової потужності, яка використовується на роботу приводу  $N_{np}$  і потужності  $N_{тер}$ , що використовується на подолання сил тертя в площині контакту ножів і решіток. Постійне значення потужності, що використовується на роботу приводу  $N_{np}$ , обумовлено використанням одного й того ж приводу при проведенні експериментів. Слід зазначити, що при подрібненні більш низькоміцних видів сировини можливе використання менш потужних двигунів, що зменшить складову потужності, що використовується на роботу приводу  $N_{np}$ . Ця складова потужності при використанні цього приводу досягає 50 % усієї споживаної потужності на здійснення процесу подрібнення таких видів сировини, як варені овочі і фарші (рис. 7.1д, 7.1е). Тому необхідно цю складову враховувати в методиці розрахунку потужності електродвигунів при проектуванні нових видів м'ясорубок.

Результати узагальнюючих досліджень, спрямованих на уточнення структури складових загальної потужності, що

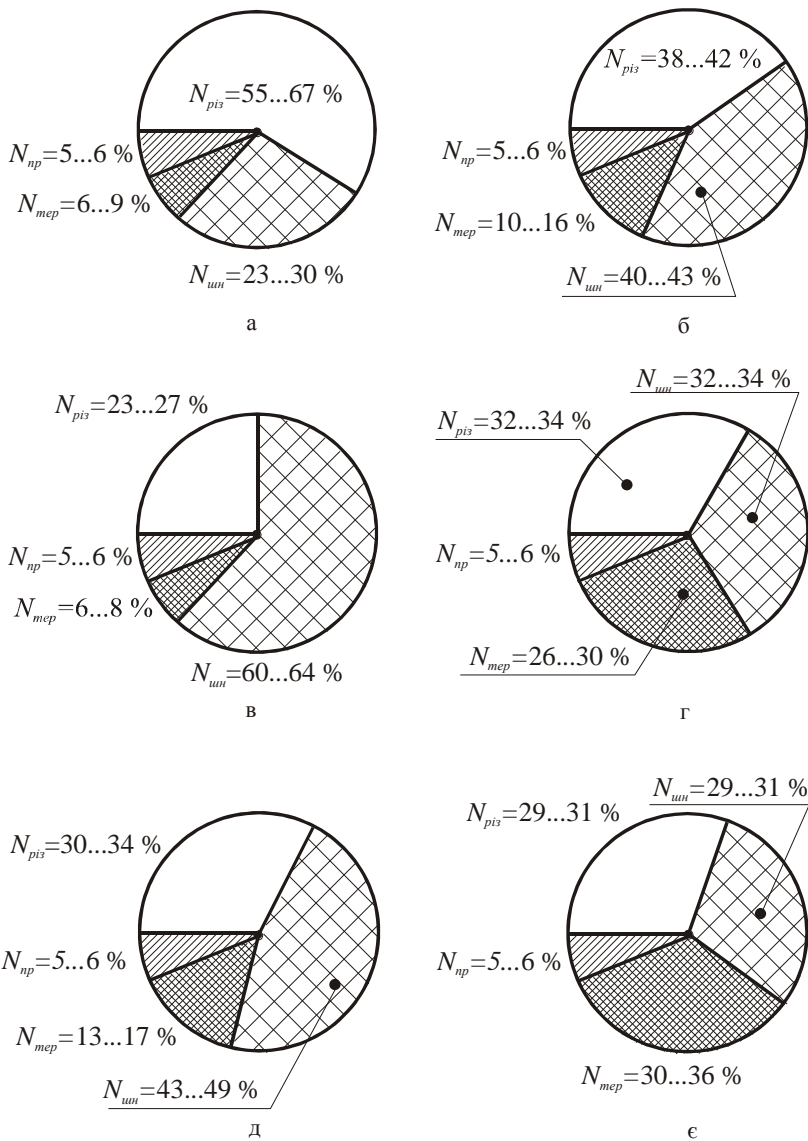
використовується на проведення процесу подрібнення різних харчових продуктів, наведені на рис. 7.2.

Аналізуючи результати досліджень, можна зазначити, що структура складових потужності процесів подрібнення різних продуктів на м'ясорубках істотно відрізняється від відомої в літературі [14]. Відмінності, на наш погляд, обумовлені тим, що структура складових потужності, що використовується на здійснення процесу, залежить від продуктивності устаткування.

Крім того, дані дослідження [14] проводилися переважно з використанням стандартного котлетного м'яса. Зазначене вище не дозволяє одержати дані по структурі складових потужності процесів подрібнення інших видів харчових продуктів, які відрізняються своїми структурно-механічними властивостями.

Визначальними складовими загальної споживаної потужності процесів подрібнення харчових продуктів на м'ясорубках є потужності, затрачувані шнеком на переміщення продукту, продавлення його через ножові решітки та подолання сил тертя продукту об поверхню робочої камери, шнека, ножів і решіток ( $N_{шн.}$ ) і на різання безпосередньо в площині ріжучої робочої пари ніж-решітка ( $N_{різ.}$ ). Здебільшого вони складають 80–55 % від загальної потужності, що використовується на проведення процесу подрібнення, за винятком групи продуктів, що мають низькі характеристики міцності, наприклад, варених овочів. Складова загальної потужності, що використовується на подолання сил тертя ножів і решіток у площині контакту опорних граней ножів і робочих поверхонь решіток  $N_{тер.}$  та складова потужності, яка використовується на роботу приводу  $N_{пр.}$  складають від 13 % при подрібненні м'ясного обрізу та вареного м'яса до 40 % при подрібненні різних видів фаршів м'ясного та рослинного походження. Слід зазначити, що в результатах експериментів, зображених на рис. 7.1, відображено не реальне значення співвідношення потужності  $N_{пр}$  при проведенні процесу подрібнення з використанням будь-якого конкретного приводу, а значення, необхідне для здійснення процесу подрібнення заданого виду продуктів із застосуванням стандартних асинхронних двигунів.

При подрібненні м'ясного обрізу, який містить велику кількість грубої з'єднувальної тканини, представленої у виді розгалуженої структури пучків колагенових і еластинових волокон, питома витрата потужності різання  $N_{різ}$  складає від 55 % до 67 % загальної потужності процесу, залежно від вмісту в ній колагенових і еластинових волокон.



**Рис. 7.2.** Структура складових потужності процесу подрібнення на м'ясорубках різних продуктів: а – м'ясний обріз; б – м'ясо котлетне; в – м'ясо варене; г – овочі варені; д – овочі сири; е – подрібнення фаршів

При цьому потужність, споживана на транспортування продукту шнеком  $N_{шн}$ , складає лише 23–30 % від загальної потужності або близько 50 % від потужності різання. Потужність, що використовується на подолання сил тертя в площині контакту опорних граней ножа та ножових решіток  $N_{тер}$ , і потужність, використовувана на роботу приводу  $N_{пр}$  у цьому випадку, складають 10–15 % від загальної потужності (рис. 7.2а).

У випадку подрібнення котлетного м'яса складова потужності, що використовується на його різання в робочій площині ніж-решітка  $N_{різ}$  і потужність, споживана шнеком  $N_{шн}$ , приблизно рівні і в сумі складають 78 – 85 %, в той час як  $N_{тер} + N_{пр}$  складають лише 15 – 22 % від загальної потужності (рис. 7.2б).

При подрібненні вареного м'яса максимальною буде потужність, споживана шнеком  $N_{шн}$ , вона в середньому складає близько 62 % від загальної потужності, у той час як потужності різання  $N_{різ}$  і сума потужностей тертя і роботи приводу ( $N_{тер} + N_{пр}$ ) відповідно в середньому будуть складати 25 % і 13 % (рис. 7.2в). Різке збільшення складової потужності  $N_{шн}$  обумовлено, на наш погляд, істотною зміною структурно-механічних властивостей продукту, тому що при варінні відбувається зменшення вмісту вологи в м'ясі, ущільнення його структури та утрата пластичності. Зменшення вмісту вологи у м'ясі призводить до збільшення сил тертя, що виникають на поверхнях контакту продукту з робочою камерою, шнеком і ріжучими робочими органами (ножами, решітками).

При подрібненні овочів (гарбуза, буряка, картоплі та моркви) потужності різання в середньому будуть складати 33 % і 32 % від загальної потужності відповідно для варених і сирих. Подрібнення овочів відрізняється деяким збільшенням складової потужності, що використовується на подолання сил тертя, які виникають у площині контакту опорних граней ножів і робочих поверхонь ножових решіток. Крім того, у випадку подрібнення сирих овочів спостерігається перевага складової потужності  $N_{шн}$  над складовою  $N_{різ}$  у середньому на 11 %, притому що у випадку подрібнення сирого котлетного м'яса яловичини ці складові приблизно рівні. Вищезазначене обумовлено, на наш погляд, специфікою структурно-механічних властивостей, які обумовлюють підвищені витрати потужності при деформації продукту в зменшуваному міжжитковому просторі шнека та при вдавненні продукту в отвори ножових решіток (рис. 7.2г, рис. 7.2д).

При повторному подрібненні продуктів (подрібненні фаршів), як рослинного, так і тваринного походження, структура складових потужностей приблизно однакова, її наведено на рис. 7.2є. При

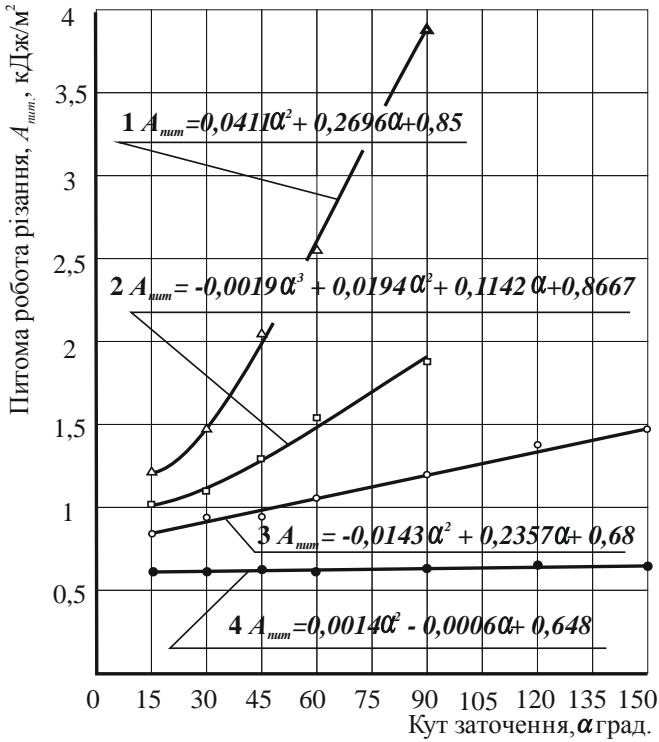
подрібненні фаршів спостерігається різке збільшення складової потужності, яка використовується на подолання сил тертя ножів і решіток у площині їхнього контакту  $N_{тер}$ , що складає в середньому 33 % від загальної потужності. Потужність, яка використовується на різання продукту в площині різання  $N_{різ}$ , і потужність, використовувана шнеком  $N_{шн}$ , рівні, кожна з них у середньому складає близько 30 %.

Таким чином, отримані дані по структурі складових споживаної потужності дозволяють визначити пріоритети в напрямках удосконалення конструктивних і експлуатаційних параметрів процесу подрібнення з метою зниження його енергоємності при подрібненні різних харчових продуктів. Пріоритетним напрямком удосконалення є модернізація робочих органів з метою зниження абсолютних значень складових потужності, використовуваних на різання продукту  $N_{різ}$ , і затронуваної шнеком на просування продукту, продавлювання його через ножові решітки і подолання сил тертя продукту об поверхню робочої камери, шнека, ножів і решіток ( $N_{шн}$ ), тому що при подрібненні різних продуктів сума цих складових потужностей складає до 80 % загальної потужності, використовуваної на проведення процесу подрібнення. Розходження співвідношення складових споживаної потужності вказує на доцільність модернізації робочих органів ріжучої пари (ніж-решітка) для продуктів, що мають значну складову потужності різання для зменшення загальної енергоємності процесу подрібнення. У цьому плані видається доцільним проведення досліджень по визначенню значень питомої роботи різання для різних груп продуктів і різного конструктивного виконання робочих органів подрібнювачів.

Для вибору раціональних кутів заточення країв отворів ножових решіток і ріжучих країв лез ножів нами був проведений комплекс досліджень, спрямованих на визначення залежностей між конструктивними й енергетичними показниками. Результати досліджень, що спрямовані на визначення залежності питомої роботи різання різних харчових продуктів від кутів заточення країв отворів ножових решіток і лез ножів, наведені на рис. 7.3.

Аналізуючи дані результатів досліджень, можна зазначити, що для різних харчових продуктів ці залежності істотно відрізняються. Вищезазначене обумовлено різними структурно-механічними характеристиками досліджуваних продуктів.

Так, при подрібненні варених овочів кут заточення  $\alpha$  практично не впливає на питому роботу різання, що зумовлено низькими характеристиками міцності цього виду сировини.



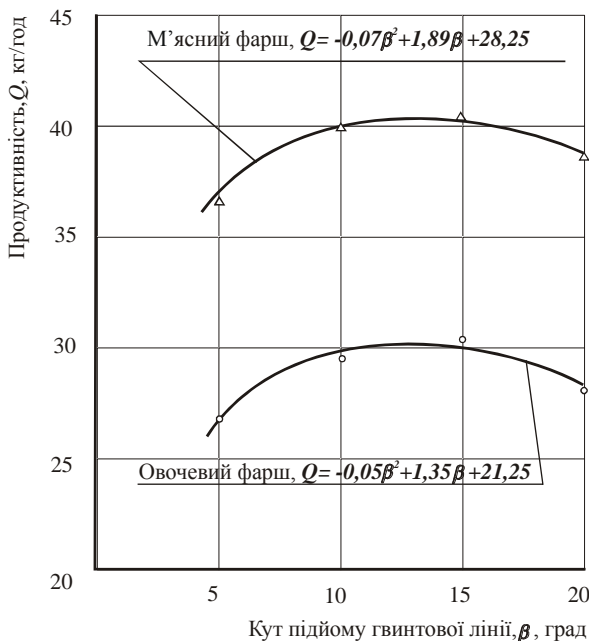
**Рис. 7.3.** Залежність питомої роботи різання від кута заточення країв отворів решітки та кута заточення лез ножа: 1 – м'ясний обріз (яловичина); 2 – м'ясо (яловичина); 3 – овочі сирі; 4 – овочі варені

При подрібненні сирих овочів спостерігається зростання роботи різання уже практично вдвічі при зміні кута заточення від 15° до 150°. Таке ж відносне зростання спостерігається і при подрібненні м'яса, але вже у більш вузькому діапазоні кутів заточення – від 15° до 90°. При цьому слід зазначити, що при однаковому відносному зростанні питомої роботи різання абсолютні їхні значення при подрібненні м'яса на 30–45 % більше, ніж при подрібненні овочів. Особливо істотний вплив кута заточення країв отворів ножових решіток і ріжучих країв лез ножів при подрібненні м'ясного обрізу, що зумовлено, як зазначалося вище, значними показниками міцності цього виду сировини. При зміні кута заточення країв отворів решіток і лез ножів від 15° до 90° значення питомої роботи різання збільшується в 3 рази. При цьому варто враховувати, що абсолютне значення питомої роботи

різання при подрібненні цього виду сировини в 2...6 разів більше, ніж при подрібненні інших досліджуваних видів сировини.

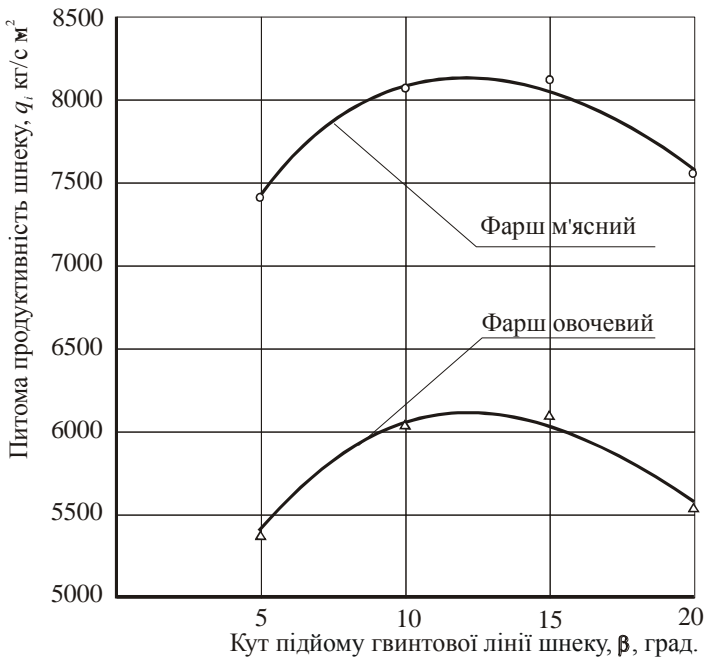
Аналізуючи результати досліджень, можна рекомендувати застосування ріжучих робочих органів з гострими кутами заточень ріжучих країв для здійснення процесу подрібнення продуктів з високими показниками міцності, тому що в цьому випадку спостерігається ефект значного зменшення роботи різання.

Для вибору раціонального підйому гвинтової лінії шнека при подрібненні фаршів нами був проведений ряд дослідів, результати яких наведені на рис. 7.4, 7.5 і 7.6. При зміні кута підйому гвинтової лінії  $\beta$  від  $5^\circ$  до  $20^\circ$  (рис. 7.4, м'ясорубка ММП-II-1) спостерігається зміна продуктивності на 10 % і 12 % відповідно для м'ясних і овочевих фаршів. Збільшення продуктивності на ділянці збільшення  $\beta$  від  $5^\circ$  до  $12^\circ$  відбувається за рахунок збільшення здатності подачі шнека при збільшенні кута підйому гвинтової лінії.



**Рис. 7.4. Залежність продуктивності м'ясорубки від кута підйому гвинтової лінії шнека при подрібненні фаршів**

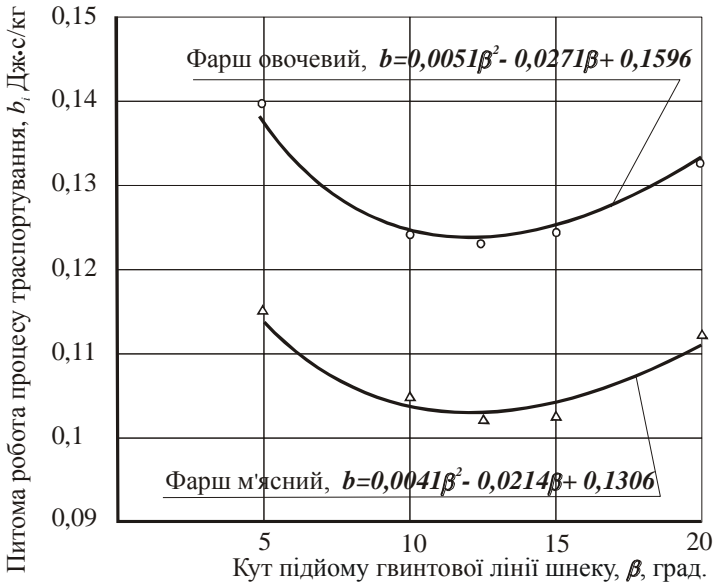
Подальше збільшення гвинтової лінії приводить до прослизання продукту об поверхню вставки-гільзи при заданій шорсткості поверхні вставки-гільзи та шнека. Аналізуючи залежність питомої продуктивності шнека від кута підйому гвинтової лінії (рис. 7.5) при подрібненні м'ясного й овочевого фаршів можна відзначити, що характер зміни залежностей однаковий. При зміні кута  $\beta$  від  $5^\circ$  до  $20^\circ$  питома продуктивність плавно збільшується до значення 12...13% потім плавно зменшується, при цьому зміна її складає 8...10%. Розходження в абсолютних значеннях обумовлено різними коефіцієнтами тертя продукту об поверхню шнека.



**Рис. 7.5.** Залежність питомої продуктивності шнека від кута підйому гвинтової лінії шнека

Аналізуючи залежність роботи рис. 7.6, що використовується на просування одиниці маси продукту за весь період його подрібнення від кута підйому гвинтової лінії, наведену на рис. 7.6, можна зазначити, що характер їхньої зміни для м'ясних і овочевих фаршів також однаковий. При зміні кута підйому гвинтової лінії  $\beta$  від  $5^\circ$  до  $12^\circ$

спостерігається зниження питомої роботи процесу транспортування, мінімальне значення якої знаходиться в інтервалі  $\beta$  12...13°, потім відбувається плавне збільшення її значень.



**Рис. 7.6.** Залежність роботи, що використовується для руху одиниці маси продукту в  $i$ -му процесі подрібнення при використанні ножевої решітки з діаметром отворів 5 мм

Зниження питомої роботи транспортування  $b$  на ділянці зміни кута  $\beta$  від 5° до 12° обумовлено збільшенням продуктивності механізму подачі. Крім того, зниження питомої роботи транспортування відбувається за рахунок зменшення площі контакту з бічними поверхнями витків шнека, що, своєю чергою, призводить до зниження потужності, що використовується на подолання сил тертя, які виникають у даній поверхні контакту. Збільшення  $b$  на ділянці збільшення кута підйому гвинтової лінії більше 13° характеризується перевагою коефіцієнта тертя продукту об шнек над коефіцієнтом тертя продукту об поверхню вставки-гільзи, при цьому спостерігається так зване прослизання продукту по поверхні вставки-гільзи. Вищеописане явище збільшує питому роботу процесу транспортування за рахунок додаткової затрати потужності, яка використовується на подолання

сил тертя продукту об внутрішню поверхню вставки-гільзи при прослизанні.

## **7.2. Дослідження впливу конструктивних і експлуатаційних параметрів процесу на динаміку показників якості одержуваних фаршів**

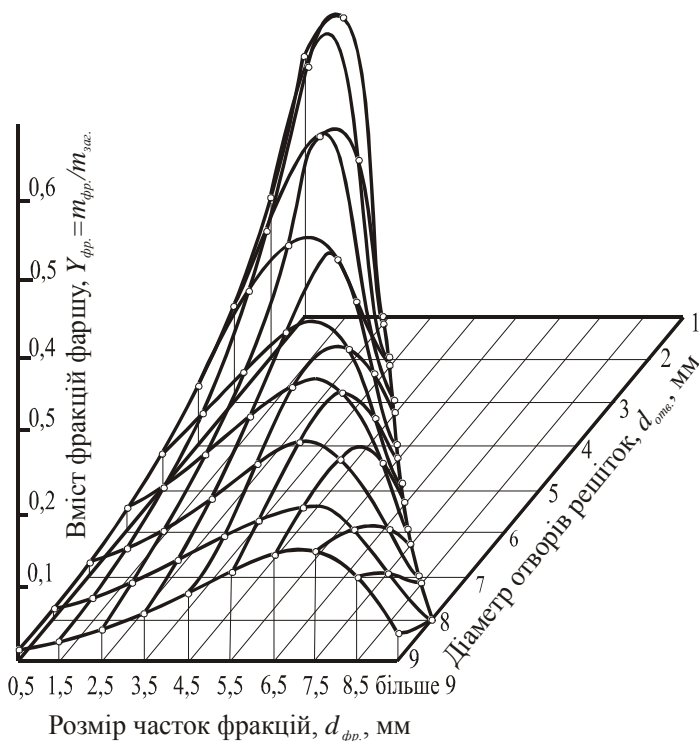
Відомо, що ступінь подрібнення м'ясопродуктів визначає консистенцію напівфабрикатів і готових виробів, форми зв'язку вологи та структуру продукту, його в'язкість, пружність, пластичність, вихід готового виробу його соковитість і ніжність. Однак у літературі практично не зустрічається вичерпних даних про вплив діаметра отворів ножових решіток м'ясорубок і кратності подрібнення на показники якості напівфабрикатів і готової продукції.

Відсутність систематизованих даних досліджень про вплив конструктивних параметрів м'ясорубок на ступінь подрібнення продуктів і відповідну зміну властивостей фаршевих систем не дозволяє оптимізувати показники якості готової продукції й удосконалювати технології їхнього виробництва.

Для визначення залежностей між діаметром отворів ножових решіток, кутом заточення країв їхніх отворів, кутом заточення ріжучих країв лез ножів і розмірами часток фаршів рослинного та тваринного походження нами були проведені комплексні дослідження, результати яких наведені на рис. 7.7, 7.8 і 7.9. Для можливості порівняння результатів досліджень з даними інших дослідників, які займалися визначенням дисперсного складу різних видів м'ясних фаршів, одержуваних на куттерах, результати експериментів по визначенню дисперсного складу м'ясних яловичих фаршів, отриманих на м'ясорубках, представляли також у тривимірному зображенні (рис. 7). Результати дисперсного аналізу овочевих фаршів були представлені нами в двомірному виді, тому що вони, на наш погляд, більш зручні у використанні (рис. 7.8, 7.9). Аналізуючи залежність дисперсного складу м'ясних яловичих фаршів від діаметра отворів ножових решіток (рис. 7.7), можна зазначити, що фарш, будучи полідисперсною системою, містить фракції, середній розмір часток яких більше діаметра отворів ножових решіток. При подрібненні на м'ясорубці з використанням ножових решіток, що мають отвори діаметром 9 мм, ця фракція складає 9 %. У випадку ж подрібнення з ножовими решітками, які мають отвори діаметром 1 мм, кількість такої фракції збільшується до 64 %. Максимальне значення мають фракції, середній розмір часток

яких складає 7,5 і 1,5 мм відповідно при подрібненні з використанням ножових решіток з отворами, що мають діаметр, 9 мм і 1 мм.

Усе вищезазначене говорить про те, що діаметр отворів ножових решіток є не єдиним параметром, що визначає розмір часток, хоча він і є головним, тому що розподіл часток фаршу віддалено наближений до нормального закону розподілу випадкової величини.



**Рис. 7.7. Залежність дисперсного складу м'ясних фаршів від діаметра отворів ножових решіток (традиційні робочі органи)**

Фракційний склад м'ясних яловичих фаршів отриманих при використанні ножів з гострим кутом заточення ріжучих країв лез ножів і гострим кутом заточення країв отворів ножових решіток (30°) незначно (до 5 %) відрізняється від фракційного складу фаршів отриманих при використанні традиційних робочих органів.

Аналізуючи результати досліджень, спрямованих на визначення фракційного складу фаршів рослинного походження (усереднені дані при подрібненні гарбуза, буряка і моркви) (рис. 7.8), можна зазначити,

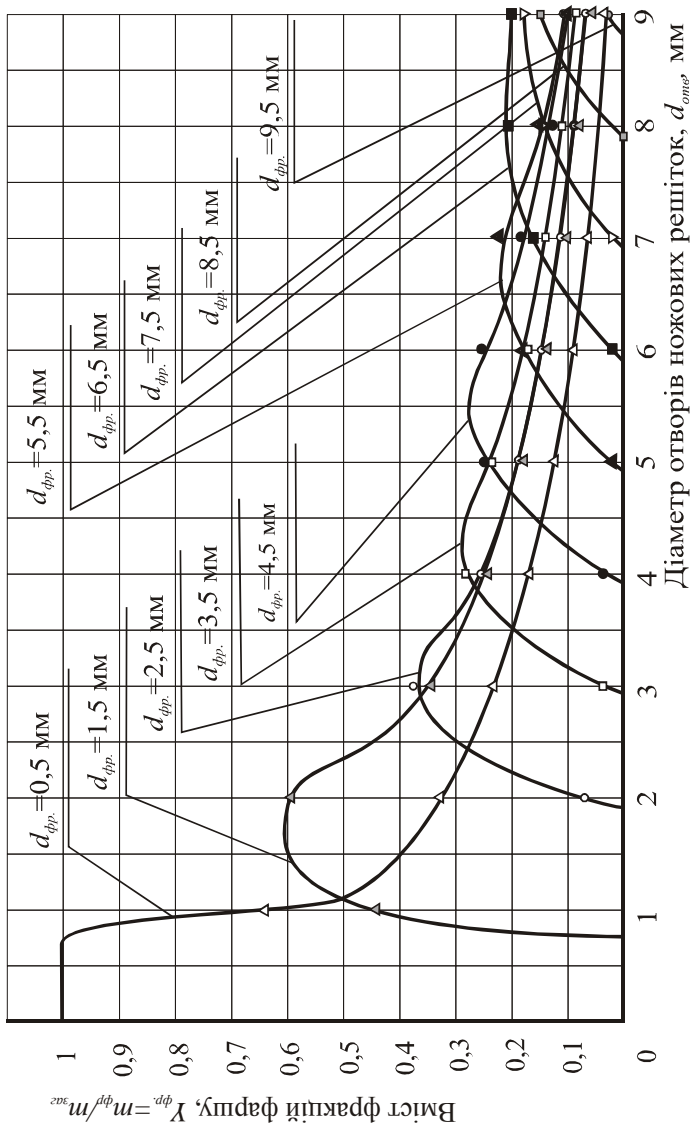


Рис. 7.8. Дисперсний склад рослинних фаршів, отриманих при використанні традиційних ножів і решіток

що їхній дисперсний склад трохи відрізняється від складу м'ясних фаршів, отриманих у подібних умовах, що свідчить про вплив на нього структурно-механічних властивостей продукту. У випадку подрібнення продуктів рослинного походження спостерігаються три піки значень фракційного складу, що говорить про існування мінімум трьох руйнівних факторів, що помітно впливають на фракційний склад рослинних фаршів. Піки хибної диференційної кривої, які обумовлені цими руйнівними факторами, знаходяться над фракціями з середнім діаметром часток 1,5 мм; 4,5 мм; 6,5 мм.

На наш погляд, першим руйнівним фактором, який сприяє виникненню екстремуму функції при середньому діаметрі часток фракції 1,5 мм, є зазор між зовнішнім діаметром витків шнека та вступами гвинтової нарізки на внутрішній поверхні робочої камери. При подрібненні з використанням експериментальних шнеків, у яких був різний зазор між зовнішнім діаметром його витків та внутрішнім діаметром виступів гвинтової нарізки робочої камери, екстремум функції, що знаходиться над фракцією з середнім діаметром часток 1,5 мм, переміщувався пропорційно зазору.

Іншим руйнівним фактором, який сприяє виникненню піка кривої для фракції з середнім діаметром часток 4,5 мм, є зазор між зовнішнім діаметром витків шнека та впадинами на внутрішній гвинтовій циліндричній поверхні робочої камери. Вищезазначений висновок також підтвердився при проведенні експерименту з використанням експериментального шнека та спеціальної вставки-гільзи, у якій відсутня гвинтова нарізка.

Руйнівний фактор, що сприяв виникненню третього піка кривої для фракції з середнім діаметром часток 6,5 мм, обумовлений руйнуванням продукту безпосередньо в площині різання, тобто в площині контакту граней ножа з краями отворів решітки. При подрібненні продуктів тваринного походження в цих умовах екстремум хибної диференційної кривої розподілу часток фаршу знаходиться над тією ж фракцією з розміром часток 6,5 мм. Зазначене підтверджує, що в цих випадках діє один руйнівний фактор.

Візуальний аналіз зразків рослинних і тваринних фаршів показує також відмінність форми отриманих часток. Форма часток м'ясних фаршів при їх розмиванні має найчастіше вигляд волокон різної товщини та довжини, а овочеві фарші представлені у вигляді часток різноманітних геометричних форм і розмірів. Аналіз фракційних складів свідчить про те, що у фаршах тваринного та рослинного походження міститься деякий відсоток часток, середні розміри яких більші за розміри отворів ножових решіток, з

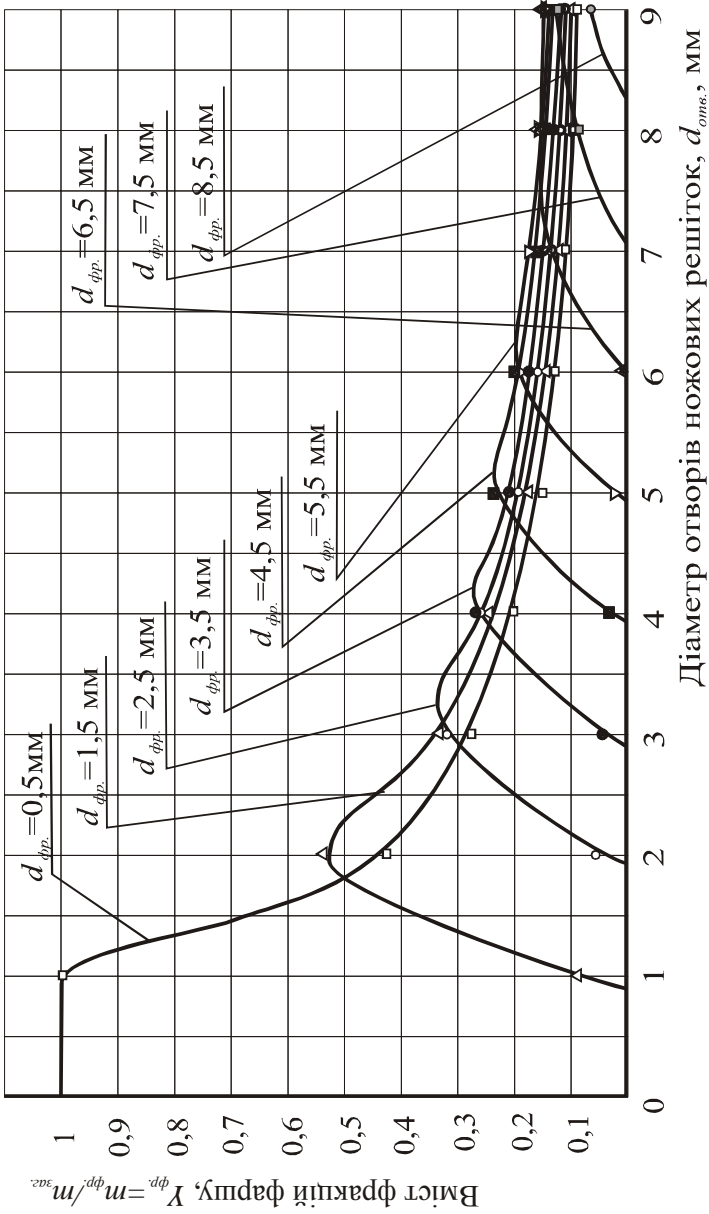


Рис. 7.9. Дисперсний склад рослинних фаршів, отриманих при використанні ножів та решіток з тупим кутом заточування лез і країв отворів

використанням яких їх було отримано. У фаршах зі свіжих овочів кількість часток більшого розміру за отвори ножових решіток складає відповідно від 60 % до 7 % для решіток з діаметром отворів від 1 до 9 мм.

Зазначене дозволяє зробити такі висновки:

- по-перше, при подрібненні будь-якого продукту на м'ясорубках у зоні його руйнування відбувається досить суттєве його стиснення, яке й зумовлює збільшення розмірів часток після їх виходу з зони стиснення та руйнування;

- по-друге, розміри отворів ножових решіток не є одним параметром, який зумовлює всі розміри часток, як рослинного, так і тваринного походження (умовно довжину, ширину та висоту).

Наприклад, один із розмірів часток залежить від швидкості руху продукту в зоні різання (через отвори решітки) та частоти різання (кількості різів ножів в одиницю часу). Вплив цих параметрів узагалі підтверджується аналізом фракційних складів фаршів, тому що в усіх випадках дослідження просліджується чітка динаміка зниження у фаршах вмісту часток з розмірами, більшими за отвори ножових решіток при збільшенні абсолютного розміру. Таким чином, можна зробити висновок, що при подальшому збільшенні розмірів отворів ножових решіток в умовах цього експерименту кількість часток, що перебільшують розміри отворів решітки, знижуватиметься до певного їх мінімального значення, обумовленого процесом стиснення продукту та його структурно-механічними властивостями.

На дисперсний склад рослинних фаршів більш істотно впливає і кут заточення країв лез ножів і країв отворів ножових решіток (рис. 7.8). Так, при використанні ріжучих робочих органів з тупим ( $150^\circ$ ) кутом заточення вміст фракцій меншого середнього розміру часток зростає, а фракцій, що мають більш великий середній розмір, – зменшується. Так, наприклад, при подрібненні рослинної сировини з використанням ножових решіток, що мають діаметр отворів 2 мм при використанні традиційних ріжучих робочих органів, (рис. 7.8), вміст фракцій часток, які мають середній розмір, рівний 0,5 мм, складає 32 %, а при подрібненні аналогічної сировини в аналогічних умовах з використанням ріжучих робочих органів з тупим кутом заточення країв отворів ножових решіток і ріжучих країв лез ножів (рис. 7.9) вміст цієї фракції збільшується до 42 %. При подрібненні цієї сировини з використанням ножових решіток з діаметром отворів 9 мм в аналогічних умовах вміст цієї фракції зростає від 2 % до 8 %.

Вищезазначене обумовлено зміною руйнуючого впливу ріжучих робочих органів, тому що при використанні традиційних робочих

органів відбувається рубляче різання продукту, а у випадку використання ріжучих робочих органів з тупими кутами заточення країв отворів ножових решіток та ріжучих країв лез ножів ( $150^\circ$ ) руйнування відбувається переважно за рахунок стиску та роздавлювання.

Слід також зазначити, що всі хибні диференційні криві, наведені на рис. 7.9, віддалено наближаються до нормального закону розподілу випадкових величин. Вищезазначене обумовлено використанням вставки-гільзи й експериментального шнека, що зводить до мінімуму дію руйнівних факторів, що обумовлені наявністю зазорів між торцями гвинтової лінії шнека та западинами і виступами робочої камери.

На дисперсний склад фаршів істотно впливає також кількість подрібнень, тобто проходжень продукту через м'ясорубку. Нами проведено дослідження з метою визначення залежності дисперсності фаршів від кількості подрібнень, результати яких для фаршів тваринного походження (яловичини) при подрібненні з використанням ножових решіток з діаметрами отворів 9...1 мм відображено на рис. 7.10. Ця залежність дозволяє прогнозувати дисперсний склад фаршів у залежності від кількості подрібнень від 1 до 7. Аналізуючи цю залежність, можна зазначити, що фракційний склад фаршів істотно змінюється при подрібненні продукту 1–4 рази. При подрібненні ж більше 4 разів зміна дисперсності фаршів дещо уповільнюється. Зазначене корелюється з даними інших дослідників, які досліджували вплив кількості подрібнень на різних типах подрібнювачів з ріжучими робочими органами ніж-решітка [15].

Використовуючи залежність, відображену на рис. 7.10, можемо побудувати хибні диференційні криві, а також гістограми для будь-якої кількості подрібнень від 1 до 7 при використанні традиційних ріжучих робочих органів та будь-якого діаметра отворів ножових решіток. Аналізуючи залежності, що зображені на рис. 7.10, можемо сказати, що зі збільшенням кількості подрібнень екстремум функції зміщується на фракції з меншим діаметром часток, тобто загальний розмір часток фаршу зменшується.

Знаючи фактори, які впливають на дисперсний склад фаршів, і змінюючи їх, можна безпомилково отримувати та прогнозувати склад фаршів із заданими технологічними вимогами, а економічно обґрунтувавши, запропонувати ту чи іншу технологічну схему процесу подрібнення для отримання фаршів з наперед заданою якістю.

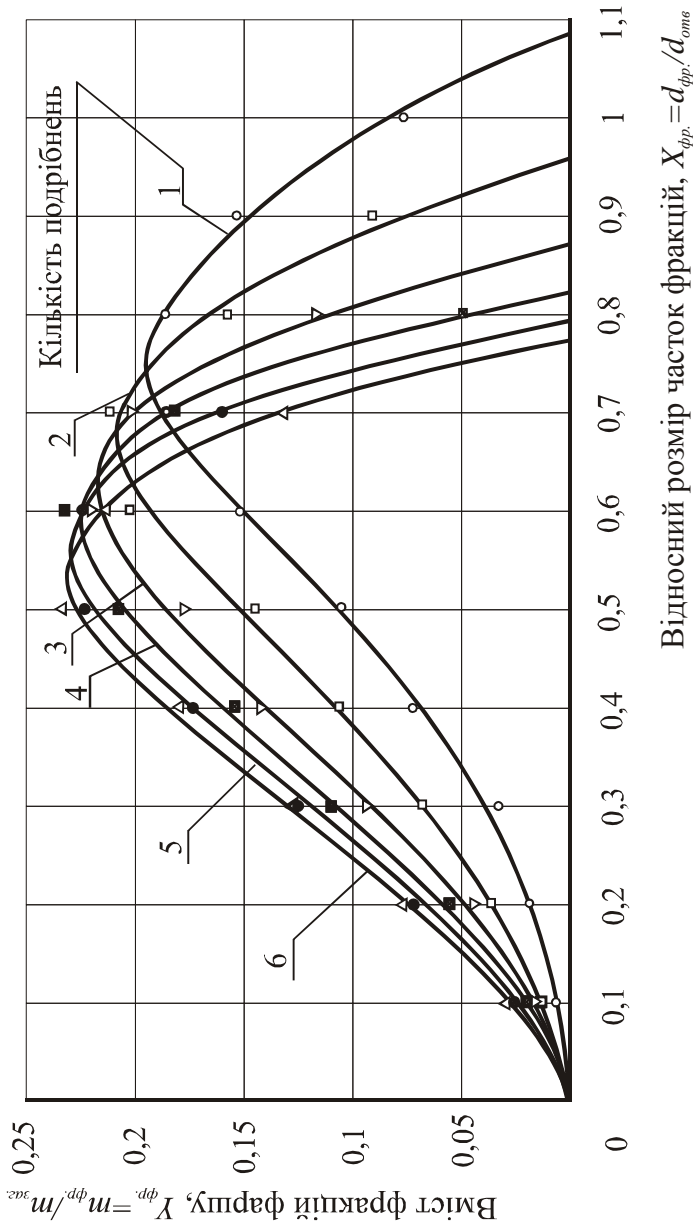


Рис. 7.10. Залежність дисперсного складу м'ясних фаршів від кількості подрібнень

Незважаючи на важливість такої якісної характеристики фаршевого продукту, якою є його дисперсний склад, що показує питомий вміст у продукті окремих його фракцій з різними розмірами часток, при порівняльній оцінці ступеня дисперсності близьких за структурою і якістю фаршевих продуктів дуже важко використовувати графічні дані їхнього фракційного складу, тому що вони не мають загального кількісного показника, що характеризує «сумарний» ступінь дисперсності продукту в цілому. На наш погляд, такою об'єктивною кількісною характеристикою фаршевого продукту може слугувати величина питомої площі поверхні всіх її часток. Питома площа поверхні продукту, що визначається як відношення загальної площі всіх його часток до їхньої загальної маси, досить точно характеризує необхідну величину «сумарної» дисперсності аналізованих фаршевих продуктів.

По величині питомої площі поверхні полідисперсних продуктів можна судити про ефективність процесів і устаткування, використовуваних для їхнього подрібнення, прогнозувати структурно-механічні та фізико-хімічні властивості одержуваних напівфабрикатів і готової продукції, оцінювати можливу швидкість наступних процесів масообміну та теплових процесів обробки напівфабрикатів на різних стадіях їхньої технологічної переробки, прогнозувати динаміку окремих показників якості харчових продуктів.

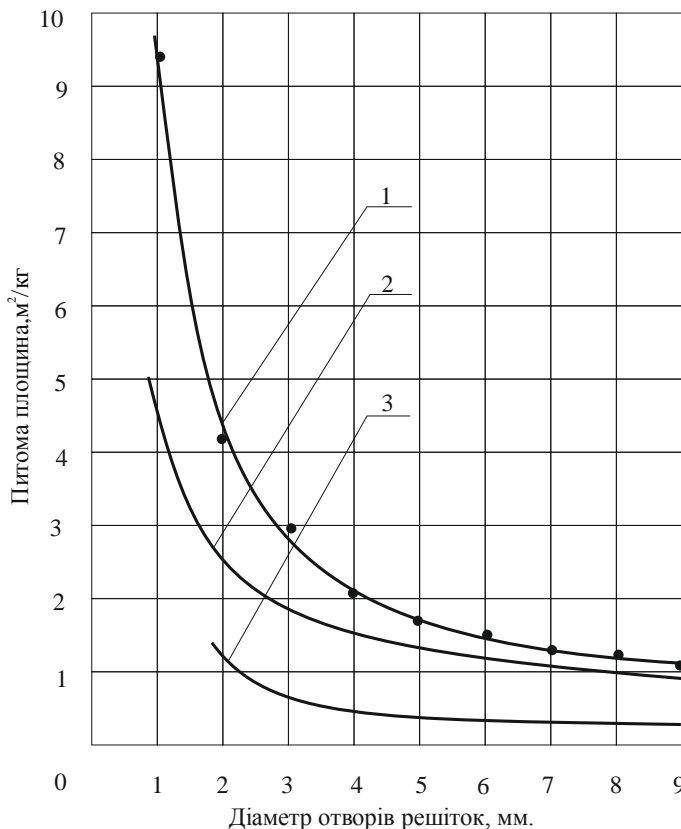
Важливість цього показника продукту, що характеризує дисперсність, а також окремі параметри процесу подрібнення підтверджується рядом інших досліджень [16; 17].

Відомі методики розрахунку питомої площі поверхні фаршевих продуктів, одержуваних на подрібнювачах з ріжучою парою ніж-решітка, не дозволяють одержати реальних значень цього показника, а також не зв'язують його функціональними залежностями з конструктивними параметрами процесів подрібнення.

У ряді методів [16] розрахунку питомої площі поверхні в основу розрахунків були покладені припущення, що нові поверхні утворюються лише в зоні різання ножа і решітки, без урахування геометричних параметрів решіток. При цьому умовно вважається, що збільшення площі поверхні часток продукту відбувається тільки за рахунок утворення нових поверхонь основ циліндрів (допустивши теоретично, що всі частки мають геометричну форму циліндрів). Таким чином, не враховується утворення нової площі циліндричної складової поверхні часток. Крім того, питома площа поверхні м'ясних фаршів розраховується непрямим чином, використовуючи паспортні й експлуатаційні значення продуктивності й умовну величину, що

характеризує ріжучу здатність, механізму подрібнення. Значення питомої площі продуктів, що подрібнюються, отримані за аналізованою методикою приведені на рис. 7.11 (крива 1).

Відповідно до іншої методики питому площу поверхні часток фаршу визначають розрахунково-аналітичним методом з урахуванням швидкості витікання продукту через ножові решітки, тривалості повороту ножового вала на кут, утворений перами ножа, густини продукту та діаметра отворів ножових решіток [17].



**Рис. 7.11.** Залежність питомої площі поверхні м'ясних фаршів (яловичина) від діаметра отворів ножових решіток, отримана з використанням різних методик: 1 – методика, розроблена Пелєєвим О. І. [16]; 2 – методика, розроблена Бубиренко В. К. [17]; 3 – методика, розроблена авторами

Ця методика побудована на припущенні, що всі частки продукту, які утворюються при подрібненні, мають форму циліндрів з діаметром основ, рівним діаметру отворів ножових решіток і висотою рівній глибині вдавнення продукту в отвори решіток. При цьому глибина вдавнення продукту визначалася через швидкість руху продукту. Одним з основних недоліків вищезгаданого методу є допущення того, що фарш є монодисперсною системою, з частками однакової величини, що не відповідає дійсності. Однак порівняно з попередніми методами ця методика дозволяє одержувати більш реальні величини питомої поверхні фаршевих продуктів і аналітично демонструє їхню залежність від основних геометричних параметрів ріжучого механізму (рис 7.11, крива 2).

Загалом усі описані аналізовані методики інших дослідників не враховують реальної геометричної форми часток продукту, що утворюються, розходження в їхніх розмірах і питомий склад різних часток у їх загальній масі. Ці методики базуються на експериментально-аналітичних дослідженнях устаткування, а не на даних досліджень фракційного складу одержуваних продуктів.

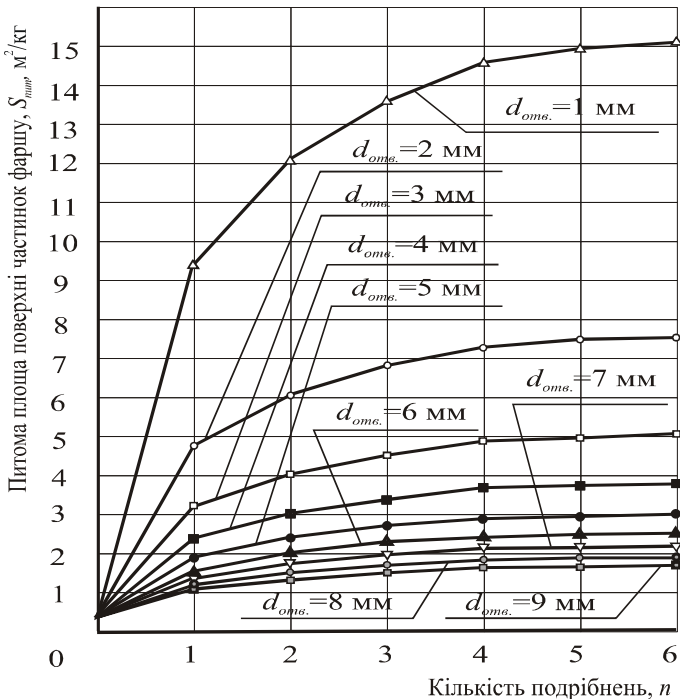
Тому нами було розроблено спеціальну оригінальну методику, у якій продукт розглядається як полідисперсна система, при цьому кожна фракція часток визначеного розміру умовно має монодисперсний характер. При проведенні експериментів ми розділяли продукт на 10 фракцій. Погрішності розрахунків питомої площі поверхні продуктів, зв'язані з умовними допущеннями їхнього монодисперсного складу в межах кожної фракції, порівняно з аналізованими методиками [16; 17] знижуються, на наш погляд, на порядок (рис. 7.11).

Аналізуючи дані про площу поверхні часток м'ясного фаршу, отримані з використанням різних методик (рис. 7.11), можна зазначити, що значення їх не збігаються. Значення площі поверхні часток м'ясного фаршу визначені по методиках інших авторів [16; 17] на 9–27 % менше значень, визначених за розробленою методикою при діаметрі отворів ножових решіток 9 мм, і на 55–70 % менше при діаметрі 1 мм. Розходження в значеннях обумовлено неповним врахуванням авторами [16; 17] всіх руйнівних факторів, що виникають при подрібненні.

Результати проведених досліджень фракційного складу м'ясних яловичих фаршів, отриманих при використанні ножових решіток з діаметрами отворів від 1 до 9 мм у випадку багаторазового подрібнення продукту, приведені на рис. 7.12. Отримані залежності дозволяють використовувати їх для характеристики м'ясних яловичих

фаршів при відомих значеннях діаметрів отворів ножових решіток в інтервалі значень 1...9 мм і кратності здрібнювань в інтервалі 1...6, тому що як розмір часток фракцій при розрахунку були використані безрозмірні величини, що являють собою відношення еквівалентного діаметра частки до діаметра отворів ножових решітки ( $d_{фр}/d_{омв.}$ ).

Аналіз залежності питомої площі поверхні часток м'ясних фаршів від кількості подрібнень і діаметра отворів ножових решіток свідчить про значну швидкість процесу збільшення питомої площі поверхні часток продукту при однократному його подрібненні, з наступним уповільненням темпу приросту нової поверхні. Крім того, найбільш значним конструктивним фактором при утворенні нових площ поверхні полідисперсних продуктів є величина отворів ножових решіток.



**Рис. 7.12.** Залежність питомої площі поверхні часток м'ясних фаршів від кількості подрібнень і діаметра отворів решіток

Отримані залежності та конкретні значення питомої площі поверхні часток м'ясних фаршів корелюють з основними показниками

якості м'ясних напівфабрикатів і кулінарних виробів з них (виходом, граничною напругою зсуву, здатністю утримувати вологу, соковитістю, ніжністю й ін.). Використовуючи дані проведених досліджень (рис. 7.12), можна удосконалювати апаратурні параметри технологічних процесів при розробці нових видів кулінарної продукції з наперед заданими показниками якості.

### Висновки за розділом

Вивчивши вплив конструктивних і експлуатаційних параметрів процесу подрібнення на показники якості напівфабрикатів і готових кулінарних виробів, можна з достатнім ступенем точності змоделювати процес подрібнення різних видів харчових продуктів з одержанням продуктів з наперед заданими показниками якості для подрібнювачів різних модифікацій та конструктивного виконання з робочими органами «ніж-решітка».

### Список використаних джерел за розділом

1. Простаков О. О., Дейниченко Г. В., Дуб В. В. Дослідження дисперсного складу фаршів, що отримують на м'ясорубках. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 1999. С. 190–194.
2. Простаков А. А., Дейниченко Г. В., Дуб В. В., Бондаренко В. Ф. Анализ фракционного состава фаршей с помощью ситового и седиментационного методов. *Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв*. 2000. С. 179–184.
3. Простаков А. А., Дейниченко Г. В., Дуб В. В. Методика розрахунку питомої поверхні полідисперсних продуктів. *Вісник ДонДУЕТ. Технічні науки*. 2001. № 1 (9). С. 189–194.
4. Простаков А. А., Дейниченко Г. В., Дуб В. В. Дослідження впливу робочих параметрів м'ясорубок на склад фаршів рослинного та тваринного походження. *Збірник наукових праць ОДАХТ*. 2001. Вип. 21. С. 138–141.
5. Дейниченко Г. В., Простаков А. А., Дуб В. В. Вплив конструктивних параметрів подрібнювачів на структурно-механічні властивості фаршів і показники якості готової продукції. *Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі*. 2001. Ч. 1. С. 377–382.
6. Простаков О. О., Дуб В. В. Дослідження енергетичних показників процесу подрібнення. *Науковий вісник Полтавського*

університету споживчої кооперації України. *Технічні науки*. 2002. № 3 (7). С. 76–78.

7. Дейниченко Г. В., Простаков О. О., Дуб В. В. Енергетичні аспекти процесу подрібнення продуктів. *Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі*. 2003. Ч. 1. С. 233–242.

8. Дейниченко Г. В., Простаков О. О., Дуб В. В. Удосконалення процесів переробки м'ясної сировини в підприємствах харчування : монографія. Харків : Студцентр, 2003. 349 с.

9. Андрианов А. С. Повышение надежности измельчителей мяса (волчков) на основе анализа технологических и эксплуатационных воздействий : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.14. М., 1982. 156 с.

10. Михайлов А. Н. Химия и физика коллагена кожного покрова. М. : Легкая индустрия, 1980. 232 с.

11. Райх Г. Коллаген. М. : Легкая индустрия, 1969. 328 с.

12. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / под ред. А. В. Горбатова. М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. 294 с.

13. Клименко М. Н. Исследование процессов резания мяса лезвием : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. М., 1966. 200 с.

14. Бубыренко В. К. Исследование волчков с целью повышения их эффективности и долговечности деталей рабочих органов : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.14. М., 1977. 149 с.

15. Рогов И. А., Горбатов А. В., Свинцов В. Я. Дисперсионные системы мясных и молочных продуктов. М. : Агропромиздат, 1990. 320 с.

16. Пелеев А. И. Механическое оборудование мясокомбинатов. М. : Пищепромиздат, 1938. С. 297–310.

17. Бубыренко В. К. Исследование волчков с целью повышения их эффективности и долговечности деталей рабочих органов. М. : МТИММП, 1977. 27 с.