

УДК 66.061.3:665.12

В.І. Федорчук-Мороз<sup>1</sup>, Є.М. Семенишин<sup>2</sup><sup>1</sup>Луцький національний технічний університет,<sup>2</sup>Національний університет "Львівська політехніка"**ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ АМАРАНТОВОЇ СИРОВИНИ**

У статті розглядаються методики та наведені результати досліджень хімічного складу насіння амаранту мітлистоного (*Amaranthus cruentus* L.), амаранту хвостатого (*Amaranthus caudatus* L.), щириці звичайної (*Amaranthus Retroflexus* L.), а також механізму вилучення цільових компонентів з метою визначення лімітуючої стадії процесу.

Ключові слова: хімічний склад, амарантова сировина, цільові компоненти, кінетика, екстрагування, олія.

**Постановка проблеми.** Одним із напрямів розв'язання енергетичної проблеми є освоєння альтернативних джерел енергії. Найперспективнішим нетрадиційним джерелом енергії є рослинні олії та тваринні жири, які можуть застосовуватися для виробництва біодизельного палива. Понад 150 видів олійних рослин в усьому світі – це єдиний шанс, який дає змогу регіонам самостійно, на місцевому рівні, вирішувати енергетичні питання [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Використанню традиційних і нових нетрадиційних рослин як джерел одержання олій для харчової промисловості та біологічно активних речовин для фармації та хімічної промисловості, присвячено низку наукових публікацій. Однією з таких рослин є амарант, дослідженню якого протягом останніх двадцяти років присвячено понад тисячу робіт [1, 2, 3].

Однією з основних стадій одержання цільових компонентів із рослинної сировини є стадія екстрагування, яка здійснюється на більшості підприємств переважно за принципом настоювання з подальшим розділенням твердої та рідкої фаз очисткою. Характерною особливістю таких процесів є їхня значна тривалість – багато годин, а то й діб. Другою характерною особливістю цих процесів є низький технологічний рівень їх оформлення при низькому ступені виділення цільових компонентів, в результаті у відходи потрапляє значна кількість біологічно активних речовин.

**Постановка завдання.** Вище зазначені проблеми викликають необхідність проведення теоретичних та експериментальних досліджень процесів екстрагування цільових компонентів із рослинної сировини з метою інтенсифікації процесу, апаратурного вдосконалення, комплексної переробки сировини, підвищення ступеня вилучення цільових компонентів та ін.

У таблиці подано порівняння складу основних компонентів амаранту та інших продуктів харчування [2]. Як видно з таблиці, амарант за основними показниками перевищує більшість широко вживаних харчових продуктів.

Таблиця

Основний компонентний склад амаранту та інших продуктів харчування

Назва культури	Протеїни, %	Лізін, %	Вуглеводи, г/100 г	Кальцій, мг/100 г	Залізо, мг/100 г	Фосфор, мг/100 г
Амарант	16	0,85	63	162	10,0	455
Кукурудза	9	0,25	74	20	1,8	256
Жито	13	0,4	73	38	2,6	376
Гречка	12	0,58	72	33	2,8	282
Пшениця	10	0,35	71	41	3,3	372
Рис	7	0,27	77	32	1,6	360
Молоко людини	3,5	0,49	5	118	сліди	93

**Результати дослідження.** З літературних джерел відомо, що серед неліпідних речовин, які в найбільшій кількості можуть міститися в насінні цієї рослинної сировини, наявні білки і пектини [2].

Пектини – високомолекулярні сполуки, які належать до групи кислотних полісахаридів. Основою пектинових речовин є молекулярний ланцюг із залишків  $\alpha$ -D-галактурової кислоти, які з'єднані 1,4- $\alpha$ -D-глікозидним зв'язком.

Пектини мають властивість зв'язувати токсичні та радіоактивні метали у нерозчинні комплекси і виводити їх з організму людини. Знезаражуюча дія пектинів застосовується в лікувально-профілактичному харчуванні. Тому доцільно проводити дослідження з виділення пектинів зі шроту насіння амаранту [3].

Виділення пектинів. Шрот насіння амаранту в кількості 50 г переносять у півлітрову колбу і заливають слабким розчином сульфатної кислоти (5 крапель концентрованої кислоти на 300 мл води). Колбу закривають зворотним холодильником і нагрівають одну годину на киплячій водяній бані.

Із гарячої витяжки вилучають сульфатну кислоту, додаючи 1 г  $\text{CaCO}_3$  і фільтрують через подвійний шар марлі. Два рази промивають залишок на марлі порціями по 20 мл гарячої води. Фільтрат випарюють на водяній бані до об'єму приблизно 60 мл. До охолодженого сиропу додають 200 мл ізопропілового спирту, колбу закривають гумовим корком і ставлять на добу в холодне місце. Наступного дня зливають рідину з рихлого осаду пектину, що випадає, переносять його у фарфорову чашку і залишають на кілька днів під тягою для повного виділення ізопропілового спирту.

Вміст пектинів виявляють за допомогою якісних реакцій: з літій хлоридом, реактивом Драгендорфа та реактивом Ерліха [4].

Виділення розчинного пектину. 25 г шроту насіння амаранту розтирають у фарфоровій ступці до однорідної маси, переносять у конічну колбу на 500 мл, заливають 100 мл води, нагрітої до 45 °C (не вище), і витримують, періодично перемішуючи 30 хвилин на водяній бані. Потім колбу щільно закривають корком і енергійно збовтують 15–20 хвилин. Після цього вміст колби центрифугують і відбирають прозорий розчин пектину. Для забезпечення повноти виділення розчинного пектину процес повторюють двічі. Екстракти об'єднують, доводячи їхній загальний об'єм до 250 мл. Розчинний пектин визначають пектатним методом [5].

Визначення кількості розчинного пектину за пектатом кальцію.

Для кількісного визначення пектину користувалися методом, який ґрунтується на гідролізі пектинових речовин і осадженні полігалактуронової кислоти у вигляді пектату кальцію.

У конічну колбу об'ємом 500 мл відмірюють піпеткою 25 мл розчину пектину і доливають 100 мл 0,1 н розчину натрій гідроксиду. Залишають на 30 хвилин для омилення розчинного пектину, який переходить у натрієву сіль пектинової кислоти. Потім додають 50 мл 1 н розчину ацетатної кислоти і одержують вільну пектинову (полігалактуронову) кислоту. Через 5 хвилин до неї додають 50 мл 2 н розчину кальцій хлориду і залишають стояти 1 годину. Осад пектату кальцію, що випав, фільтрують через фільтр Шотта, промивають гарячою водою до негативної реакції на хлорид-іони.

Осад висушують у сушильній шафі при 100 °C до постійної маси. За різницею між початковою масою фільтра і масою його з пектатом кальцію знаходять вміст останнього в 25 мл розчину пектину.

Вміст пектинів розраховують за формулою:

$$C = \frac{m \cdot V \cdot 92}{m_0 \cdot V_1}, \quad (1)$$

де  $C$  – вміст пектинів, %;  $m$  – кількість знайденого пектату кальцію, г;  $m_0$  – наважка шроту насіння амаранту, г;  $V_1$  – об'єм фільтрату, взятого для омилення і осадження в ньому пектату кальцію, мл;  $V$  – початковий об'єм розчину пектину, мл; 92 – коефіцієнт перерахунку (в %), обчислений відповідно до того, що пектат кальцію містить 8 % кальцію [4].

Виділення рибонуклеопротейдів. 10 г шроту насіння амаранту поміщають у ступку, додають 2 мл діетилового етеру, 2 мл води, 5 г піску і ретельно розтирають, додаючи невеликими порціями 40–50 мл 0,4 % розчину натрій гідроксиду. Розтирання продовжують ще 15–20 хвилин. Осад відфільтровують у стакан і додають до нього невеликими порціями 5–6 мл 10 % ацетатної кислоти до слабкої кислотної реакції за лакмусом. Одержаний осад нуклеопротейдів відділяють центрифугуванням.

Для проведення гідролізу рибонуклеопротейдів у колбу для гідролізу зі зворотним повітряним холодильником поміщають одержаний осад нуклеопротейдів і 20 мл 10 % розчину сульфатної кислоти. Суміш кип'яють на азбестовій сітці протягом 1 години, підтримуючи слабе кипіння. Гідролізат відфільтровують і у прозорому розчині визначають наявність білків, пентози, пуринових основ і ортофосфатної кислоти.

Білки виявляють за допомогою біуретової реакції. Для цього до 3 мл гідролізату додають 1 мл 10 % розчину калій гідроксиду; 1–2 краплі 1 % розчину купрум сульфату і перемішують. За наявності білків розчин забарвлюється у фіолетовий колір.

Пентозу (рибозу) виявляють за допомогою реакції Моліша. Для цього у пробірку наливають 5 мл гідролізату, 2 мл 1 % спиртового розчину  $\beta$ -нафтолу, а потім обережно, по стінці, доливають 3 мл концентрованої сульфатної кислоти. За наявності пентози на дні пробірки утворюється фіолетово-червоне кільце.

Пуринові основи виявляють за допомогою реакції з аміачним розчином аргентум оксиду. До 2 мл гідролізату додають по краплях концентрований розчин амоніаку до лужної реакції за лакмусом та рівний об'єм аміачного розчину аргентум оксиду. Спостерігають утворення осаду срібних солей пуринових основ.

Ортофосфатну кислоту виявляють за допомогою магnezіальної суміші. До 2 мл гідролізату поступово додають концентрований розчин аміаку до появи запаху, після чого додають рівний об'єм магnezіальної суміші. Випадає білий кристалічний осад магній-амоній фосфату  $MgNH_4PO_4$  [5].

Виділення дезоксирибонуклеопротейдів. 3 г шроту насіння амаранту розтирають у фарфоровій ступці з піском і 90 мл 5 % розчину натрій хлориду 10–15 хвилин. Вміст ступки переносять у центрифужні пробірки і центрифугують. До 540 мл води, помішуючи, доливають центрифугат. Нерозчинні у воді дезоксирибонуклеопротейди випадають в осад у вигляді пластівців. Частину осаду розчиняють у 2 мл 0,2 % розчину натрій гідроксиду і проводять якісні реакції на їхні складові частини.

Для проведення реакції з дифеніламіном до 0,5 мл розчину дезоксирибонуклеопротейдів додають рівний об'єм розчину дифеніламіну і ставлять на 10 хвилин на киплячу водяну баню. За наявності дезоксирибози рідина забарвлюється в синій колір [6].

Для проведення реакції з фуксинсульфітною кислотою другу частину осаду дезоксирибонуклеопротейдів переносять у центрифужну пробірку, додають 2 мл 1 н розчину хлоридної кислоти, нагрітої до 60 °С, пробірку ставлять на 10 хвилин на водяну баню при 60 °С. Після охолодження осад центрифугують, центрифугат зливають, а до осаду додають фуксинсульфітну кислоту. За наявності дезоксирибози через певний час з'являється фіолетове забарвлення.

Виділення та розділення альбумінів та глобулінів методом висолювання. 10 г шроту насіння амаранту настоюють, помішуючи, в ступці протягом 10–15 хвилин із 40–50 мл 10 % розчину натрій хлориду. Суміш фільтрують через подвійний шар марлі кілька разів до одержання прозорого фільтрату. До одержаної витяжки додають рівний об'єм насиченого розчину амоній сульфату, під час цього випадає осад глобулінів. Осад відфільтровують і фільтрат насичують, додаючи надлишок амоній сульфату. При цьому випадає осад альбумінів [5].

Проведено якісний аналіз на виділений білок. Частина якісних реакцій, характерних для білків, зумовлена наявністю пептидних зв'язків (біуретова реакція) і  $\alpha$ -амінокислот (нінгідрінова реакція). Інші реакції пов'язані з конкретними амінокислотами, що входять до складу білка, і дають певні характерні сигнали [6].

Виділення та ідентифікація ліпідних речовин та визначення хімічних констант із амарантових олій. Для визначення жирних кислот необхідно спочатку провести екстракцію ліпідів з олії. З цією метою використовували метод Фолча, який дає змогу звільнити ліпідний екстракт від неліпідних речовин [7].

Визначення жирнокислотного складу олій. Наважку олії масою 2 г вносимо в колбочку з притертим корком і приливаємо 40 мл екстрагуючої суміші хлороформ – метанол (2:1), ретельно струшуємо і залишаємо на 12 годин за кімнатної температури. Після цього фільтруємо через знежирений фільтр у колби на 100 мл з притертими корками. Осад на фільтрі двічі промиваємо екстрагуючою сумішшю (по 5 мл). Для усунення неліпідних водорозчинних домішок екстракт промиваємо 0,74 % розчином калій хлориду (1/5 ліпідного екстракту). Суміш ретельно струшуємо протягом 1 хвилини і залишаємо на 12 годин для розділення фаз. Верхню, водно-метанольну фазу обережно відділяємо, а нижню – хлороформову – двічі промиваємо сумішшю хлороформ: мета-

нол: KCl – 8:4:3, по 5 мл. Нижній шар концентруємо на роторному випарювачі при пониженому тиску (водоструминним насосом).

Для запобігання піноутворення під час відгонки розчинника, а також усунення слідів води, додаємо невеликі порції (2–3 мл) полярного розчинника (метанол, бензен, ацетон) і повністю випаровуємо. Ліпіди розчиняємо в 5–10 мл хлороформу, переносимо в скляні ампули і струменем азоту випаровуємо досуха, додаємо 2 мл 5–7% суміші метанол – хлоридна кислота.

Розділення метилових естерів жирних кислот проводили на газорідинному хроматографі Chrom-4 за таких умов: колонка завдовжки 240 см з діаметром 3 мм, заповнена хромосорбом 60–80 меш, покритим 15 % поліетиленглікольсукцинатам, при температурі випаровувача 240 °С, термостата колонок – 200 °С. Витрата газу-носія (азоту) – 25 мл/хв.

Визначення сквалену. У всіх оліях ідентифіковано сквален – біологічно активну речовину складу C<sub>30</sub>H<sub>50</sub>, яку застосовують як основу для виготовлення ліків та дорогих косметичних засобів. Методом тонкошарової хроматографії із використанням силуфолевих пластинок та системи розчинників петролейний етер – діетиловий етер – ацетатна кислота у співвідношенні 90:10:1 кількісно визначено вміст сквалену в досліджуваних оліях [7].

До числа хімічних констант олій входять: йодне, кислотне, естерне число, число омилення, показник заломлення та питома густина. Їх визначали за описаними нижче методиками.

Визначення йодного числа.

Метод Маргошеса. 0,1–0,15 г олії розчиняють у 10 мл абсолютного спирту, додають 25 мл 0,2 н спиртового розчину йоду, 200 мл гарячої води і ретельно струшують. Утворюється емульсія, якій дають відстоятися 5 хвилин і титрують 0,1 н розчином натрій тіосульфату до зникнення забарвлення. Паралельно проводять холостий дослід. Йодне число визначають за формулою:

$$Й.Ч. = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 1,2596}{m}, \quad (2)$$

де V<sub>1</sub> – об'єм тіосульфату натрію, використаний для титрування холостої проби, мл; V<sub>2</sub> – об'єм тіосульфату натрію, що використаний для титрування проби, мл; m – маса проби [8].

Рефрактометричний метод. Визначають показник заломлення для свіжоодержаної олії та розраховують величину йодних чисел за формулою:

$$Й.Ч. = \frac{(n_D^{20} - 1,4595) \cdot 100}{0,0118}, \quad (3)$$

де n<sub>D</sub><sup>20</sup> – показник кута заломлення свіжоодержаної олії [8].

Метод Дома. До 5 мл хлороформного розчину, що містить відому кількість ліпідів (2–5 мг), додають 5,0 мл 0,05 н розчину піридиндиброміду. Суміш струшують у колбі Ерленмейера, закривають її корком і ставлять у темному місці на 15 хвилин, пізніше додають 0,5 мл 10 % розчину калій йодиду, 0,5 мл води, декілька крапель крохмалю і титрують 0,020 н розчином натрій тіосульфату. Холостий дослід проводять за вищевказаних умовах з 5 мл хлороформу. Розрахунок здійснюють за формулою:

$$Й.Ч. = \frac{(V_1 - V_2)}{m \cdot \left(\frac{1,27}{5}\right)}, \quad (4)$$

де V<sub>1</sub> – об'єм 0,020 н натрій тіосульфату, використаний для холостої проби, мл; V<sub>2</sub> – 0,020 н натрій тіосульфату, використаний для титрування проби з олії, мл; m – маса проби олії, г [7].

Визначення кислотного числа. Олію в кількості 1–2 г поміщають у колбу Ерленмейера об'ємом 100 мл, попередньо зважену, і за різницею маси колби з олією та порожньої колби точно визначають масу наважки. До олії додають 3–4 мл спирту, 2–3 краплі фенолфталеїну і титрують отриману суміш 0,1 н спиртовим розчином калій гідроксиду до появи рожевого забарвлення, що не зникає протягом 10 секунд. Кислотне число обчислюють за формулою:

$$К.Ч. = \frac{V \cdot 5,6}{m}, \quad (5)$$

де V – об'єм 0,1 н КОН, використаний для титрування, мл; m – маса олії, г.

Щоб уникнути помилки від омилення естерів, титрування проводять швидко і в холодній пробі. Якщо в олії є значна кількість фенолів, то одержується завищене кислотне число за рахунок

утворення фенолятів. Як індикатор можна використовувати бромкрезоловий пурпурний або фенолчервоний [8].

Визначення естерного числа. Наважку олії 1,5 г переносять у колбу Ерленмейєра об'ємом 100 мл. Додають 5 мл етанолу, 3 краплі фенолфталеїну. Вільні кислоти нейтралізуємо 0,1 н спиртовим розчином калій гідроксиду. До нейтральної проби додаємо 10 мл 0,5 н спиртового розчину луґу, закриваємо колбу зворотним холодильником і нагріваємо на водяній бані протягом години. Після охолодження надлишок луґу відтитруємо 0,5 н хлоридною кислотою. Одночасно ставиться холоста проба. Різниця в кількостях затраченої кислоти вказує на кількість луґу, використаного для омилення естерів. Естерне число обчислюють за формулою:

$$E.C. = \frac{28 \cdot V}{m}, \quad (6)$$

де  $V$  – об'єм луґу, витрачений на омилення проби, мл;  $m$  – маса олії, г [8].

Визначення числа омилення. Числом омилення називається число міліграмів калій гідроксиду, необхідне для нейтралізації як вільних, так і зв'язаних жирних кислот, що міститься в 1 г олії.

Експериментально число омилення визначається як сума між естерним числом і кислотним числом.

Визначення показника заломлення олії. На призму рефрактометра наносимо декілька крапель олії за допомогою скляної оплавленої трубки, не торкаючись її. Потім, закривши призму, встановлюємо різкість зображення та оптимальне освітлення. Рухаємо маховик рефрактометра доти, поки перехрестя не стане на межу розділу світла і тіні. Якщо межа не чітка (досліджувана рідина не покриває поверхні призми), слід додати краплю рідини на призму. Розміту спектральну межу робимо чіткою, повертаючи маховик компенсатора. Знімаємо покази за шкалою показників заломлення [9].

Пікнометричне визначення відносної густини олії. Сухий та зважений пікнометр на 10 мл наповнюємо олією до мітки, температура олії повинна бути 20 °С. Потім зважуємо пікнометр на аналітичних терезах. За різницею мас пікнометра з олією та порожнього пікнометра знаходимо масу олії. Проводимо аналогічний дослід з дистильованою водою. Густину олії визначаємо за формулою:

$$\rho_1 = \frac{\rho_2 \cdot m_2}{m_1}, \quad (7)$$

де  $\rho_2$  – густина води, г/см<sup>3</sup>;  $\rho_1$  – густина олії, г/см<sup>3</sup>;  $m_2$  – маса води, г;  $m_1$  – маса олії, г [9].

Виділення (екстрагування) олії з насіння амаранту органічними розчинниками.

Екстрагування цільових компонентів із рослинної сировини здійснюють різними методами, основними з яких є: метод занурювання сировини в розчинник, який, переважно, подається протитоком для безперервних процесів, та ступінчасте зрошування сировини розчинником. Для дослідження процесу екстрагування олії з насіння амаранту нами використовувався метод занурення як найбільш поширений [10]. Методом ступінчастого зрошування користувалися для визначення виходу олії в апараті Сокслета. Як розчинник використовували, в основному, *n*-гексан, а також бензен і хлороформ.

Перевагами цього методу є порівняно висока швидкість процесу, короткотривалість, простота апаратного оформлення. Недоліками методу є низька концентрація цільових компонентів у місцелі, відносно високий вміст домішок в місцелі та складність процесу фільтрації.

Процес екстрагування цільових компонентів із рослинної сировини – це складний процес, який включає як зовнішньомолекулярне перенесення речовини, так і внутрішню дифузію і який, у спрощеному варіанті, можна поділити на три етапи. У реальних умовах, як буде показано в подальшому, процес екстрагування набагато складніший.

Важливим етапом процесу екстрагування цільових компонентів органічними розчинниками є процес регенерації розчинника. Цей процес переважно здійснюють у два етапи: прямою відгонкою розчинника та відгонкою під вакуумом.

Як засвідчує аналіз літератури, сьогодні немає єдиних поглядів на кінетику екстрагування цільових компонентів із пористих структур, особливо з рослинної сировини. Деякі дослідники вважають, що перенесення речовини в пористій структурі визначається режимом переміщення рідини в капілярах (вимушений рух чи природна конвекція). Варто підкреслити, що саме визнання дифузійного механізму екстрагування недостатнє, оскільки необхідно вирішити питання, що лімітує процес – зовнішня чи внутрішня дифузія.

Однак деякі дослідники ігнорують ці відмінності, що характерні для процесів екстрагування, і поряд з визначенням коефіцієнтів внутрішньої дифузії, визначають коефіцієнт зовнішньої дифузії. Хоча в обох випадках перенесення цільового компонента дифузійне, проте механізм його різний, оскільки одна із стадій, яка є найповільнішою, визначає швидкість всього процесу.

Методика дослідження кінетики виділення олії з насіння родини Амарантових. Дослідження кінетики виділення олії з неподрібненого та подрібненого насіння амаранту мітлистого, амаранту хвостатого та щиріці загнutoї здійснювали на установці, поданій на рис. 1.

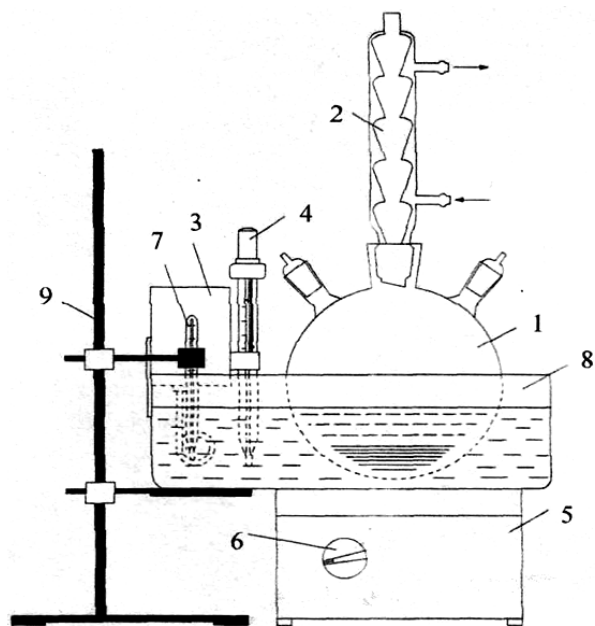


Рис. 1. Схема установки для екстрагування олії з насіння Амарантових: 1 – тригорла круглодонна колба; 2 – зворотний водяний холодильник; 3 – термостат; 4 – регулятор температури; 5 – магнітна мішалка; 6 – регулятор обертів магнітної мішалки; 7 – термометр; 8 – ванна термостату; 9 – штатив.

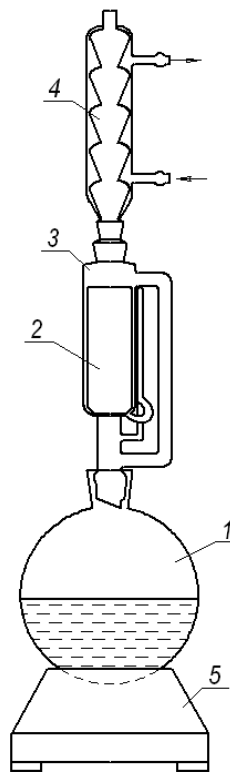


Рис. 2. Схема установки для екстрагування олії з подрібненого насіння амаранту мітлистого і амаранту хвостатого в апараті Сокслета: 1 – круглодонна колба ємністю 500 мл; 2 – патрон із подрібненим насінням; 3 – екстрактор до апарату Сокслета; 4 – зворотний водяний холодильник; 5 – електроколбонагрівач.

Методика проведення експериментів полягала в тому, що насіння подрібненого амаранту розсіювали на окремі фракції на наборі сит у межах від 2 до 0,05 мм з одержанням фракції середнім діаметром  $d_c = 0,5$  мм,  $d_c = 0,25$  мм. Неподрібнене або подрібнене насіння амаранту масою 100 г засипали в колбу ємністю 1 л, куди одночасно завантажували розчинник об'ємом 500 мл.

Процес екстрагування проводився при перемішуванні і температурі 20, 30, 40°C. Екстрагування відбувалося при постійному числі обертів мішалки 120 об/хв. Через певні проміжки часу відбиралися проби, які після фільтрації аналізували на вміст цільових компонентів ваговим методом. Для цього після видалення решток розчинника колби з олією зважували на аналітичних терезах і за різницею мас колб з олією та порожніх колб знаходили масу виділеної олії [12].

Визначення виходу олії з рослинної сировини. Для визначення виходу олії з амаранту мітлистого, амаранту хвостатого і щиріці загнutoї використовували апарат Сокслета (рис. 2).

У патрон з фільтрувального паперу засипали 75 г насіння рослинної сировини, подрібненого або неподрібненого, який помістили в екстрактор 3 апарату Сокслета. Після цього екстрактор з'єднали з колбою 1. Наливали розчинник доти, поки через сифонну трубку він не перелився в колбу 1 і не наповнив її до 2/3 об'єму. Потім до екстрактора 3 приєднали холодильник 4 і через нього для охолодження пропускали потік води. Колбу нагрівали за допомогою електроколбонагрівача.

вача 5. Процес екстрагування здійснювали протягом чотирьох годин, оскільки експериментально встановлено, що цього часу достатньо, щоб повністю вилучити олію з насіння. Температура, при якій відбувалося екстрагування, була близька до температури кипіння розчинника (68–70°C) [11].

Після закінчення процесу екстрагування розчин у колбі відфільтрували на скляному фільтрі (фільтри Шота) під вакуумом, створеним водоструминним насосом. Розчинник відігнали методом простої перегонки, а залишки його видалили за допомогою водоструминного насосу. Колбу з олією зважували і за різницею мас порожньої колби ( $m_1$ ) і колби з олією ( $m_2$ ) знаходили масу олії. Вихід олії ( $\eta$ , %) обчислили за формулою:

$$\eta = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \cdot 100\% , \quad (8)$$

де  $m_0$  – маса наважки насіння, г [8].

### Висновки

У статті розглянуто загальну характеристику об'єктів екстрагування та методів вилучення цільових компонентів (неліпідних і ліпідних сполук), які містяться в насінні рослинної сировини – родини Амарантових. Наведено методики виділення цільових компонентів, на основі яких визначено вміст цих компонентів (пектини, білки, олія, сквален, жирні кислоти та ін.) у насінні амаранту. Подано методики визначення хімічних характеристик амарантових олій (йодне, кислотне, естерне числа та число омилення, показник кута заломлення, густина) та досліджено механізм екстрагування олії з насіння амаранту.

1. Щокін А.Р., Колесник Ю.В., Кудря С.О. Досвід залучення нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії до паливно-енергетичного балансу України у період 1997–2000 років та стратегічні засади подальшого збільшення їх використання / Пр. міжнар. конф. "Енергетична безпека Європи. Погляд у XXI століття, 22–25 трав. 2001 р. – К., 2001. – С. 221-225.
2. Чиркова Т.В. Амарант – культура XXI века // Соросовский образов. журн. – 1999. – № 10. – С. 22-27.
3. Офицеров Е.Н., Михеева Л.А., Офицера Э.Х., Поздеев О.К. Комплексы пектина амаранта с хитозаном и йодом // Химия и компьютерное моделирование. Бутилеровские сообщ. – 2000. – № 3. – С. 75-80.
4. Полюдек-Фабини Р. и др. Органический анализ. – Л.: Химия, 1981. – 624 с.
5. Филлипович Ю.Б., Егорова Т.А. Практикум по общей биохимии. – М.: Просвещение, 1975. – 318 с.
6. Биологическая химия: Практикум / Под ред. Р.П. Виноградовой, Н.Е. Кучеренко и др. – К.: Высш. шк., 1977. – 384 с.
7. Кейтс М. Техника липидологии. – М.: Мир, 1975. – 322 с.
8. Лазурьевский Г.В. и др. Практические работы по биохимии природных соединений. – М.: Высш. шк., 1966. – 336 с.
9. Гитис С.С., Глаз А.И., Иванов А.В. Практикум по органической химии. – М.: Высш. шк., 1991. – 303 с.
10. Щербаков В.Г. Технохимический контроль производства жиров и жирозаменителей. – М.: Колос, 1996. – 207 с.
11. Проц Д.І., Федорчук-Мороз В.І. Визначення жирних кислот у ліпідній фракції рослин родини Амарантових (Amaranthaceae) // Вісн. нац. ун-ту "Львів. політехніка". Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2001. – № 426. – С. 219-222.
12. Семенишин Є.М., Троцький В.І., Федорчук-Мороз В.І. Кінетика екстрагування олії з насіння щирити загнutoї // Вісн. нац. ун-ту "Львів. політехніка". Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2003. – № 488. – С. 200-205.