



**С. М. Овсієнко  
А. М. Соломон**

**АМАРАНТ:  
ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ**

*Монографія*

**Вінниця 2022**

**УДК 633.25:582.663.2:664.6.(02.064)**

*Рекомендовано Вченою радою  
Вінницького національного аграрного університету  
(Протокол № 12 від 17 червня 2022 року)*

**АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ:**

- С. М. Овсієнко** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри харчових технологій та мікробіології ВНАУ (розділ 1, 2, 3);
- А. М. Соломон** – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій та мікробіології ВНАУ (розділ 3).

**ISBN 976-775-8410-59-0**

Рецензенти:

**Хомічак Л.М.**, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів Інституту продовольчих ресурсів НААН, член-кореспондент НААН України

**Гетман Н.Я.**, доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур Вінницького національного аграрного університету

**Ковтун К.П.**, доктор сільськогосподарських наук, головний науковий співробітник відділу польових культур, сіножатей та пасовищ Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН

**ОЗ4**

Овсієнко С.М., Соломон А.М. Амарант: практичні аспекти використання : Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 151 с. (ум. – друк. арк. 6,82)

Висвітлено господарське значення амаранта, історію, видову і сортову характеристику культури. Розкрито питання використання амаранта в годівлі сільськогосподарських тварин та харчовій промисловості.

Монографія буде корисною у роботі науковців (співробітників), виробників, які займаються вирощуванням і переробкою зеленої маси і зерна амаранта, викладачів, аспірантів, магістрів, студентів вищих і середніх учбових закладів спеціальності 204 Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва та 181 Харчові технології

## ЗМІСТ

	ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	АМАРАНТ – МИНУЛЕ, СУЧАСНЕ, МАЙБУТНЄ	7
	1.1. Амарант – рослина родом з давнини	7
	1.2. Видове й сортове різноманіття амаранту	16
	1.3. Біохімічний склад амаранту	32
РОЗДІЛ 2	АМАРАНТ – ЦІННА КОРМОВА КУЛЬТУРА	46
	2.1. Використання амаранта в годівлі сільськогосподарських тварин	46
	2.2. Амінокислотний склад і перетравність поживних речовин вегетативної маси амаранту залежно від фази розвитку	56
	2.3. Хімічний склад зерна амаранта залежно від способів підготовки його до згодовування	67
	2.4. Перетравність свинями поживних речовин зернових раціонів з включенням зерна амаранту	73
	2.5. Продуктивна дія зерна амаранту	76
РОЗДІЛ 3	ВИКОРИСТАННЯ АМАРАНТУ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	88
	3.1. Амарант і продукти його переробки в технологіях харчових продуктів на основі борошна	88
	3.2. Амарант і продукти його переробки в технологіях харчових виробництв	119
	ВИСНОВКИ	130
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	132

## ВСТУП

Ефективне й раціональне використання рослинних ресурсів – одна з найважливіших проблем сучасності. Шляхом упровадження нових рослин можна вирішити ряд проблем сільськогосподарського виробництва, однією з яких є дефіцит білка. До таких рослин належить амарант – «містичне зерно ацтеків», який протягом тисячоліть був годувальником стародавніх цивілізацій американського континенту – інків і ацтеків – стародавніх цивілізацій ацтеків [1].

Використання нетрадиційної сировини та інноваційних методів її переробки, зберігання й переробки на харчові продукти та корми є найбільш передовим напрямком розвитку харчової промисловості. Амарант є однією з таких нетрадиційних для нашого регіону видів сировини.

За даними Інтернет-видання Agroday в Україні, у 2017 році площа посівів амаранту становила 250 га, у 2018 році – 800 га, у 2019 – близько 4 тис. га, а у 2020 році площа посівів зросла до 20 тис. га. Загальна кількість агрогосподарств, які займалися вирощуванням амаранта, становила 130. Водночас тридцять компаній розширюють свою сферу діяльності й зайнялися виробництвом амарантової олії, борошна, крупи, пластівців та іншої продукції з цієї рослини.

Причиною такого інтересу до амаранту став швидке зростання світового ринку цієї культури, на якому перші отримують максимальні доходи. Тільки амарантової олії в світі продається на \$0,5 млрд, а попит на неї зростає приблизно на 12% у рік.

Амарант дуже популярна рослина, якою цікавиться весь світ. З нього виробляють і реалізують у дієтичних магазинах США печиво, пасту, заморожені хлібці – близько чотирьох десятків продуктів, які містять добавки з амаранта. Продають також зерно, борошно, олію, крохмаль, біомасу для виробництва фуражу й етанолу. У Китаї під посівами цієї культури зайнято

понад 100 тис. га. В Індії, Мексиці, Перу, Сальвадорі, Чилі, Нігерії за його допомогою намагаються вирішити проблему харчового білка [1]. 1.

Значну увагу вчених амарант привернув у 1972 р., коли австралійський фізіолог рослин Д. Даунтон установив, що ця культура належить до групи рослин із високоінтенсивним фотосинтезом С<sub>4</sub>-типу і утворює велику кількість білка, багатого на лізин, метіонін і триптофан. Сьогодні амарант – це цінна кормова, зернова, овочева та лікарська рослина, доцільність вирощування якої підтверджена роботами багатьох науковців [2 – 4].

Зелену масу амаранту можна використовувати у тваринництві як у свіжому вигляді, так і для приготування силосу й білково-вітамінного концентрату. За амінокислотною збалансованістю його листя наближається до листя люцерни й відрізняється вищим вмістом лізину порівняно з буркуном і деякими іншими бобовими культурами. Протеїн листків амаранту близький до ідеального протеїну для відгодівлі свиней.

Білок насіння амаранту має високу харчову цінність завдяки високому вмісту амінокислот, що робить його особливо ефективним під час відгодівлі бройлерів. Також з насіння можна отримати олію, яка містить до 8 % сквалену і відрізняється бактерицидною активністю й протипухлинним ефектом.

Дослідженнями американських учених установлено, що в насінні амаранту міститься крохмаль, гранули якого надзвичайно дрібні, мають велику площу поверхні на 1 г, високу адсорбувальну здатність і можуть проходити через аерозольні наконечники. Тому їх можна використовувати в неалергічних аерозолях, як наповнювачі в харчових продуктах або замінювачі тальку для косметичних цілей [5].

Продукти харчування, одержані з насіння цієї рослини, запобігають шкідливим мутаціям у дітей і атеросклерозам у літніх людей. Молоді паростки й листя амаранту надзвичайно багаті на амінокислоти, каротин, мікро- і макроелементи, вітаміни (А, С, рибофлавін і фолієву кислоту), йдуть на виготовлення дуже поживних і лікувальних салатів та інших страв. Зелень амаранту корисна ще й тим, що виводить з організму радіонукліди та важкі

метали. Деякі види амаранту, з гарно забарвленими листками й звисаючим суцвіттям, здавна застосовують у декоративному садівництві.

Щорічні аномальні кліматичні умови надзвичайно бентежать вітчизняних аграріїв і примушують їх акцентувати увагу на вирощуванні альтернативних культур. Альтернативним варіантом збереження врожаю в складних посушливих умовах стає включення до сівозміни агропідприємств перспективних посухостійких культур, де в першу чергу такою культурою являється амарант, який витрачає у 2-3 рази менше води на утворення одиниці органічної речовини порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами. З огляду на дослідження вчених, середня врожайність амаранту становить близько 2 т/га, однак цей показник не є найвищою врожайністю цієї культури. Потенціал сортів розрахований на 4 т насіння з гектара. Україна може стати найбільшим виробником амаранту в світі з собівартістю вирощування цієї культури \$400/га [6].

Експертами ООН з продовольства амарант названо найбільш перспективною зерною культурою XXI ст. [181; 233; 411]. На думку одного з найактивніших його пропагандистів американця Лемана, питання полягає вже не в тому, чи стане амарант провідною сільськогосподарською культурою світу, а в тому, коли він нею стане [1].

Аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури свідчить, що амарант і продукти переробки його зерна є цінною сировиною з високим вмістом поживних речовин.

Виробництво амаранту в сучасних умовах кліматичних перетворень в Україні набуває надзвичайної актуальності. Враховуючи природно-ресурсний потенціал і позитивну динаміку фінансово-економічних показників, Україна перебуває на шляху розвитку виробництва даних культур, а вітчизняні виробники можуть бути конкурентоспроможними на європейських ринках.

## РОЗДІЛ 1

### АМАРАНТ – МИНУЛЕ, СУЧАСНЕ, МАЙБУТНЄ

#### 1.1. Амарант – рослина родом з давнини

Батьківщиною амаранту називають Південну Америку, де ще 6 тисяч років тому ацтеки й інки культивували цю рослину, використовуючи її в харчуванні та релігійних обрядах. Останнє стало причиною того, що амарант був заборонений і знищувався конкістадорами. Тільки в XVI столітті амарант був завезений в Європу, у 1653 році, навіть заснували орден кавалерів амаранту. Спочатку в Європі амарант поширювався як бур'ян, відродження його як сільськогосподарської культури почалося з 70-років минулого століття. На сьогодні день його культивують у Південній Америці, Південно-Східній Азії (Індія, Непал, Гімалаї, Китай, на Цейлоні), в Африці (Мозамбік, Уганда, Нігерія), Казахстані та в Західній Європі (Німеччина, Словаччина та Польща [7]).

Відомий учений академік М. М. Верзилін у книзі «Слідами Робінзона» так описує цю рослину: «А ось дивна рослина, у якої з кінця гілля спускаються довгі пурпурно-зелені, темно-малинові або бурякового кольору оксамитові китиці-батого». Такі суцвіття характерні для амаранту хвостатого.

«Амарантос» у перекладі з грецької означає «такий, що не псується». Висушений амарант може зберігатися всю зиму, за що його назвали «зимовим другом людей». У стародавніх греків амарант був символом безсмертя. А шведська королева Христина в 1653 р. навіть заснувала орден кавалерів Амаранту [8].

Тисячоліття тому амарант був справжнім годувальником американського континенту. «Дар богів» – так називали амарант інки й ацтеки. Адже для них він був головною культурою, яку вирощували тисячами тонн у Мексиці й Центральній Америці. Завоювавши столицю ацтеків Теночтітлан (1521 р.), конкістадори помітили, що індіанці під час своїх ритуальних церемоній приносили в жертву богам не тільки людей, а й своєрідну кашу. Крупа з

невідомого насіння була змішана з темним медом і забарвлена людською кров'ю, що уособлювало тіло і кров головного бога ацтеків Уїтцилопочтіса. Ацтеки охоче з'їдали і кров'янисту кашу, і відварені листки з тієї ж рослини. Під страхом смертної кари іспанці заборонили сіяти «насіння диявола» і потім жорстоко переслідували всіх, хто наслідуювався його вирощувати. З часом рослину, яка поряд з маїсом і бобами була одним із джерел харчування інків, майже забули [8].

Згадали про амарант на початку ХХ ст., коли вчені занепокоїлися зростанням кількості населення на планеті і почали шукати рослину, спроможну нагодувати людство. У тридцятих роках вивченням амаранту займалися і в колишньому СРСР. Зокрема, М. І. Вавилов, збираючи колекцію насіння культурних рослин світу, звернув увагу на амарант [9]. Протягом 1931–1941 рр. Г. Н. Шликов вивчав біля 260 зразків 35 видів амаранту, щоб знайти серед них нові круп'яні, кормові й силосні види [10]. На основі проведених досліджень було встановлено, що такі види амаранту, як *A. caudatus* та *A. paniculatus* мають високий рівень урожайності зеленої маси й зерна і можуть бути включені до складу культурної флори СРСР. Але наприкінці 40-х років дослідження в цьому напрямі були припинені, а амарант оголосили чужорідною рослиною, за допомогою якої агенти імперіалізму хочуть знищити колгоспні лани. Так удруге за багатовікову історію амаранту було винесено смертний вирок.

Після загибелі Н. І. Вавілова, розпочата з його ініціативи дослідницька робота з амарантом та іншими новими культурами, було припинено. Проте були окремі ентузіасти, які «підпільно» вирощували амарант на Україні в 50-60 роках. Поштовхом до справжнього відродження амаранту послужили роботи з активного вивчення механізму  $C_4$ -фотосинтезу, який властивий і амаранту, як «аспартатній» підгрупі  $C_4$ -рослин. Було встановлено, що зерно й біомаса амаранту містять високоякісний білок. Це стало підставою щодо відновлення робіт з цією культурою.

Відродження цієї культури в сучасних умовах є результатом розуміння



таких важливих її властивостей, як стійкість до умов довкілля, цінність зеленої маси й зерна, пристосованість до вирощування в умовах малого зрошення, що дуже важливо нині, коли відбувається скорочення площ під сільськогосподарськими культурами, зменшення водних ресурсів в усьому світі. У зв'язку із цим амарант почав набувати широкої популярності на Заході. Незважаючи на значний інтерес до цієї культури вчених усього світу, ще дуже багато питань, пов'язаних із біологією, генетикою, вирощуванням і селекцією амаранту, залишаються невивченими.

Родина *Amaranthaceae* (дводольні, порядок *Caryophyllales*) налічує близько 60 родів і майже 800 видів однорічних і багаторічних трав'янистих рослин [5]. Рід *Amaranthus* включає близько 80 видів. Серед ботаніків немає одностайної думки щодо класифікації роду *Amaranthus*. Питання внутрішньовидової класифікації роду залишається невирішеним. Через ботанічну пластичність ідентифікацію проводять на основі будови квітки, а точніше форми, розміру жіночої квітки, а також за типом листків і суцвіття.

Згідно з класифікацією, розробленою американськими вченими [5, 11, 12], амарантові характеризують так: Клас *Dicotyledon* Група *Thalaniflorae* Порядок *Caryophyllales* Родина *Amaranthaceae* Рід *Amaranthus* Вид *A. albus* *A. Andancalius* *A. angustifolius* *A. blitum* (*A. lividus*, *A. oleraceus*) *A. caudatus* (*A. edulus*, *A. mantegazzianus*) *A. cruentus* (*A. paniculatus*) *A. dubius* *A. graecizats* *A. hybridus* *A. hypochondriacus* (*A. leucocarpus*, *A. lucosperma*, *A. flavus*) *A. palmeri* *A. retroflexus* *A. ruber* *A. spinosus* *A. tricolor* (*A. gangeticus*, *A. mongostanus*) *A. viridis* (*A. ascendeus*, *A. gracilis*)

Амарантові надають перевагу високій температурі повітря і яскравому світлу. Дикорослі амарантові часто трапляються на пасовищах й обабіч доріг; вони відрізняються значною життєздатністю й конкурують з іншими рослинами.

Амарантові розповсюдилися з тропічної зони в напівпосушливі регіони. Імовірно, вони походять із тропіків, але добре пристосувалися до помірного клімату. Культурні види вирощують у тропічній, субтропічній і помірній зонах

із теплим кліматом. Деякі зернові види ростуть і в напівзасушливих зонах із сезонним підвищенням вологості, однак не далі 30° широти від екватора; інакше для вирощування необхідне додаткове освітлення рослин. Більшість видів відчують себе краще в умовах жаркого й теплого клімату, однак види, адаптовані до холоду, культивують навіть у Непалі на висоті 3000 м над рівнем моря [5; 13].

Батьківщиною амарантових вважають Центральну і Південну Америку, тоді як види, що вирощують на зелень, походять з південно-східної Азії.

Форми з білим насінням здавна культивують як зернові. Зерно цих видів має надзвичайно поживні властивості, що робить його цінним під час використання в харчуванні людей. Легкі сніданки, хліб, макаронні та інші вироби, які містять зерно амаранту або борошно з нього, доступні в магазинах здорової їжі в США, Індії, Мексиці, Непалі, Перу. У США зернові амаранти вирощують на площі 2000–3000 га в штаті Небраска. Зерно амаранту в цих країнах використовують як джерело крохмалю та скваленової олії [14].

Найпоширенішими зерновими видами вважають *A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. hypochondriacus* [14-17]. Вид *A. cruentus* походить з Південної Мексики й Гватемали, його вирощують на заході Африки, у країнах Карибського басейну, Північній і Південній Америці, в Азії – і на зелень, і на зерно, переважно в теплих вологих районах на висоті не більше 2000 м над рівнем моря. В індіанців, що проживають на Південному Заході Сполучених Штатів і Мексики, *A. cruentus* використовують як джерело барвників.

Вид *A. caudatus* росте в Південній Америці на висоті від 200 до 3500 м над рівнем моря. В умовах короткого дня ці рослини краще від інших пристосувалися до холоду. У Південній Америці це одна з найважливіших культур.

Вид *A. hypochondriacus* – це центральноамериканський зерновий вид, який вирощують у Гімалаях, в Індії, у Мексиці, на Південному Заході Сполучених Штатів Америки. До типових зернових видів належать також *A. viridis*, *A. spinosus* і *A. hybridus*.

Види, які вирощують для зелені, як правило, нагадують шпинат. До них належать *A. tricolor*, *A. dubius*, *A. lividus*, *A. palmeri*. Молоді рослини мають ніжне стебло й м'ясисті листки, а дорослі рослини – дрібне суцвіття й характеризуються невисокою продуктивністю насіння (200–500 кг/га). Молоді зернові рослини також дають їстівну зелень [17-19].

Вид *A. tricolor*, що походить із Південної Азії або Індії, розповсюдився торговими або міграційними шляхами. Більшість різновидностей цього виду, які використовують на зелень, являють собою рослини з широкими листками; різновидності з вузькими листками вирощують на зерно, а також як декоративні рослини.

Вид *A. dubius*, як і попередній, часто вирощують на зелень і культивують у Центральній Америці, Індонезії, Індії, у Південній і Центральній Європі, у невеликій кількості – в Африці.

Декоративні види мають яскраве забарвлення: від білого до рожевого і темно-червоного. Трапляються форми з оранжевим, рудим і зеленим забарвленням суцвіть, листків. Форма суцвіття – від звисаючої до прямостоячої.

Рід *Celosia* родини амарантових, який часто використовують у квітникарстві, часто помилково приймають за *Amaranthus*, оскільки особливості їх культивації, захворювання, шкідники дуже схожі. Рід *Celosia* поширений в Центральній і Західній Африці.

Більшість видів амаранту однорічного циклу розвитку становлять дикі види, що вважаються гербіцидостійкими бур'янами. Серед них найбільш поширеним у світі і найбільш шкочинним є вид *A. retroflexus*.

Для України амарант – нова культура, але в останнім часом її видовий склад урізноманітнюється внаслідок розширення торгових та економічних зв'язків із різними країнами світу. Особливо чітко це прослідковується в портах світового значення. Дослідженнями, проведеними С. Г. Коваленко, С. П. Петрик та І. П. Ружицькою [20] в портах м. Одеси, було встановлено, що у XVIII ст. на території Одеси був відомий лише один вид амаранту – *A. retroflexus* L. У 1866 р. було зафіксовано два нових види: *A. albus* L. та

*A. deflexus* L. А майже через сто років, у 1974 р., виявлено ще *A. blitoides* S. Wats., *A. lividus* L., *A. caudatus* L. і *A. paniculatus* L. У 1989–1990 рр. було знайдено три нових види цього роду: *A. graecizans* L., *A. hypochondriacus* L. та *A. palmeri* S. Wats. Отже, розширення видового складу амаранту на території України вимагає більш детального вивчення цієї рослини, визначення її місця в культурних ценозах.

На культуру амарант наука й практика звернули увагу давно. Динаміка накопичення поживних речовин в вегетативній масі амаранту та розробка технологій її консервування та використання була започаткована ще в 30-х роках. Вегетативна маса деяких форм амаранту – «щириці» широко використовувалася в годівлі свиней в приватному секторі. Академік М. І. Вавілов, перераховуючи нові культури, що повинні широко впроваджуватися в виробництво, серед кормових рослин відзначив амарант [21]. Але на даний час залишилися недостатньо вивченими вітчизняними й зарубіжними дослідниками представники багатьох видів амарантових.

Раніше неодноразово звертали увагу на можливість використання амаранту в кормовиробництві. Уже в першому повоєнному виданні книги «Корми СРСР, склад та поживність» [10] наведені відомості про хімічний склад вегетативної маси декількох різновидностей амаранту з посиланням на наукові дані, отримані в Центральному Лісостепу України. Саме тут знаходилися найбільш відомі науково-дослідні заклади, які постійно займалися вивченням хімічного складу та поживності кормів: Київська дослідна станція тваринництва «Терезіно», Всесоюзний науково-дослідний Інститут свинарства та Дослідна станція з кормовиробництва. Згодом дані цих досліджень було перенесено до монографії «Корми УРСР. Таблиці складу і поживної цінності».

І. С. Попов у своїй книзі «Кормові норми і кормові таблиці», що була видана в 1957 році, наводить дані про вміст перетравного білка та кормових одиниць в 1 кг зеленої маси культури Амарантус. У виданні були узагальнені результати вивчення хімічного складу амаранту білого, амаранту хвостатого й

амаранту чорного. Наведені результати вивчення хімічного складу зеленої маси 70 зразків. Однак, як показали результати аналізу різних літературних джерел, визначаючи поживність, автор використовував результати тільки одного зоотехнічного досліджу. Це відображено в пізніше виданій книзі «Перетравність кормів». Отже, на початок 70-х років наука й практика не вели систематичних досліджень щодо визначенню поживності амаранту. У відомих у зоотехнічній практиці довідниках відсутня інформація про загальну й протеїнову поживність зерна амаранту й недостатньо інформації про поживність вегетативної маси амаранту [22].

В Україні введення в культуру амаранту пов'язане з ім'ям Н. І. Вавілова, який у 30-их роках ХХ століття інтродукував цю рослину з Південної Америки й розпочав активну її пропаганду.

Нині амарант як кормова та харчова культура вирощується в усьому світі. Експерти ФАО ООН, науковці американської академії наук визнали його основною продовольчою культурою третього тисячоліття. Амарант як культура широко культивується в Індії, Китаї, Європі, США, у ряді латиноамериканських країн. В їжу використовують як листя, так і насіння цієї культури. В період цвітіння амарант може виступати як медоносна культура з якої отримують мед із високими лікувальними властивостями. Дуже перспективне використання амаранту як силосної культури внаслідок високого вмісту в кормовій масі протеїну, його збалансованості, наявності вітамінів та мінеральних речовин.

Головна цінність амаранту – це здатність нагромаджувати в зерні й листках багато білка. За вмістом білка (від 15 до 40 %) у насінні амарант наближається до сої, тоді як за харчовою цінністю білок насіння амаранту перевищує білок коров'ячого молока й сої. Він містить найважливіші незамінні амінокислоти: лізин (6-8 г), лейцин (8-10 г), валін (5-7 г на 100 г білка. У насінні наявна також олія (до 15 %), вуглеводи, важливі мінеральні речовини. Особливо цінний високий вміст амінокислоти – лізину.

З амаранту виготовляють борошно, поп-корн, хліб та багато інших продуктів харчування. Розроблено технологію добування білкової маси з

насіння й зеленої маси, яку можна використовувати як на кормові, так і на харчові цілі.

Сучасні тенденції посилення аридності клімату на перший план вивчення висувають рослини з C-4 типом фотосинтезу, які в умовах посухи здатні формувати високопродуктивні фітоценози.

Аспартатні C-рослини, до яких належить амарант, водночас із високою врожайністю здатні давати до 5 т білка з гектара. Амарант належить до фітомеліорантів і фіторемедіаторів, тобто здатний рости й давати продукцію на засолених ґрунтах, поглинати з ґрунту важкі метали, радіонукліди, пестициди.

Особливий інтерес представляє насіння амаранту як джерело отримання унікальної за своїм складом олії, вміст якої в різних видах коливається від 7 до 10%. За своїм жирно-кислотним складом вона близька до кукурудзяної, відрізняється високим вмістом ненасичених жирних кислот. Амарантова олія за якістю не поступається перед обліпиховою і широко використовується для лікування променевої хвороби, опіків та ін.

З амаранту виділено унікальну речовину сквален, якого в олії міститься 8 %. Невідомо жодної рослинної олії з подібним вмістом цієї речовини. Наприклад, в оливковій олії міститься 0,7% сквалену, в олії з рисових висівок – 0,3%, пшеничних зародків – 0,1%.

Сквален належить до найважливіших біологічно активних сполук, що виконують в організмі роль регулятора ліпідного й стероїдного обміну, що є попередником ряду гормонів, холестерину й вітаміну Д. Сквален уже давно використовується як компонент лікарських і профілактичних засобів. Лідером у цьому плані є Японія, де вперше у світі було отримано сквален із печінки глибоководних акул і в 1979 році запатентовано протипухлинний препарат на його основі. Сквален належить до групи парафармацевтиків і широко використовується в парфумерно-косметичному виробництві багатьох країн світу. Сквален – невід’ємний компонент сальних залоз підшкірної клітковини людини, при пошкодженні якої його концентрація миттєво збільшується, що

вказує на його захисну важливість. Варті уваги його антиоксидантні й онкопротекторні властивості [23].

Олія амаранту відрізняється досить високим вмістом токоферолів (вітамін Е), фосфоліпідів із переважанням фосфотидилхоліну (лецитину), фітостеролів.

З листків амаранту можна виготовляти поживні салати, страви й т. п. Зелена маса за поживністю перевищує конюшину, люцерну, добре збалансована за протеїном. Так, вміст сирого протеїну в сухій речовині амаранту становить 23-24 %, люцерни – 20-24 %, у кукурудзі молочно-воскової стиглості лише 8-11%. Якщо в зеленій масі кукурудзи на 1 к. од. припадає 65 г перетравного протеїну, то в амаранті – втричі більше.

Зелену масу використовують на силос, сінаж, сіно та для згодовування у свіжому вигляді. Зелена маса відмінно поїдається худобою. Урожайність такої маси становить 500-900 ц/га, може досягати 1000-1500 ц/га. Навіть у північних районах на богарі можна одержати по 500-700 ц/га, що рівноцінно 150 ц к. од. 11,5-2,0 т високоякісного білка. Амарант швидко відростає й забезпечує повноцінний другий укіс.

Останнім часом усе більше вимог висувається до якості харчової продукції. Це обумовлює виробників, у тісній співпраці з науковцями, до постійного пошуку шляхів розширення й удосконалення асортименту продуктів харчування. Усе більше уваги приділяється залученню у виробництво нових, нетрадиційних видів сировини, які дозволять збагатити кінцеву продукцію комплексом необхідних речовин.

Амарант, будучи широко відомим в країнах Америки, є досить новою для нашої країни культурою, яка хоча ще й не зайняла місце серед традиційно вирощуваних зернових та олійних культур, але цілком здатна набути масового поширення завдяки унікальності хімічного складу не тільки зерна, а й листостебельної маси. Наявність у зерні амаранту цінної олії, що містить, окрім значної кількості ненасичених жирних кислот, вітамінів, таку речовину, як сквален, дозволяє використовувати його ще й фармацевтичній промисловості, косметології та медицині. Крім того листостебельна маса а також відходи

виробництва олії, борошна й крупи можуть використовуватись у годівлі сільськогосподарських тварин.

Амарант має значний адаптивний потенціал, завдяки чому ця культура цілком здатна забезпечити досить високий рівень продуктивності при низьких енергетичних витратах. Також амарант здійснює позитивний біогеоценотичний вплив на елементи родючості ґрунту. Усе це свідчить про перспективність вирощування і переробки цієї культури [24].

У світових білкових ресурсах на частку білка рослинного походження припадає 68-70%, а тваринного – 30-32%. В кормовому балансі рослинний білок становить 95%, тваринний – 5% [25].

У вирішенні проблеми нестачі білка водночас із підвищенням продуктивності й розширенням посівних площ традиційних кормових культур важливе місце повинні зайняти перспективні види малопоширених високобілкових культур. Багато представників цих видів характеризуються здатністю інтенсивно нарощувати вегетативну масу й формувати високі врожаї зеленої маси навіть в екстремальних умовах. Однією з цих культур є амарант, для якого характерною особливістю є тривалий період росту й формування вегетативної маси. Вегетативна маса має високу ступінь збалансованості білка по амінокислотам [26].

Хімічний склад вегетативної маси та її поживна цінність залежать від багатьох факторів і насамперед від виду та сорту рослин, ґрунтових особливостей та кліматичних умов, а тому визначенню її кормової цінності в господарстві слід надавати особливого значення [27].

Амарант у сільському господарстві набуває все більшої популярності уже протягом більше, ніж двох десятиліть. Впровадження його в комбікорми відбувається повільно, тваринники намагаються бути обережними, оскільки невдалий досвід використання амаранту в сільському господарстві кілька десятиліть тому надовго відвернув від цієї рослини й виробників кормів, і тваринницькі господарства. Проте «репутація» амаранту відновлюється, і нині багато фермерів і аграрії визнають кормові сорти амаранту більш вигідними, ніж пшениця, соя, ячмінь та інші традиційні культури.



## 1.2. Видове й сортове різноманіття амаранту

Амарант – рослина з тисячолітньою історією, відома з часів стародавніх інків, ацтеків і майя, яке налічує безліч видів і ще більше число сортів [28]. У світі відомо близько 65 родів і понад 900 видів амаранту.

Амарант — рослина, що відрізняється дивним для свого сімейства різноманіттям. Серед безлічі зернових культур у всьому світі він – у першій десятці лідерів за кількістю різновидів. Відповідно до одного з найповніших енциклопедичних довідників про світовій флорі, базі даних рослин Землі «The Plant AmaranthList», рід рослин під сукупною назвою *Amaranthus* (або Амарантові) об'єднує 210 видів культури.

Не всі вони годяться в їжу. Більш того, кілька десятків видів амаранту в великих дозах для ссавців отруйні. Утім, жодний різновид амаранту, включаючи його дикий варіант – щирицю, не матиме на організм миттєвого необоротного негативного впливу, іншими словами, якщо людина з'їсть випадково трохи неїстівного амаранту, не помре. Але якщо вона буде вживати його постійно, токсичні речовини за рахунок високої концентрації в неїстівних сортах не встигатимуть виводитися з організму, накопичаться там і призведуть до відмови спочатку печінки, а згодом й інших життєво важливих органів. Аналогічний вплив такі сорти рослини матимуть і на тварин. Цей аргумент наводять противники амаранту, ігноруючи той факт, що вид має безліч їстівних і корисних сортів.

У деяких сортах амаранту кількість шкідливих речовин можна порівняти з кількістю корисних. Такий амарант можна було б використовувати для виготовлення кормів і продуктів харчування після ретельного очищення від токсинів. Але, з огляду на існування набагато менш шкідливих його видів, такі «напівкорисні» сорти в загальному обсязі світової переробки амаранту з метою використання в якості продуктів харчування для людини або корму для тварин займають 0,5-0,7%.

Усі сорти амаранту поділяються на кілька різновидів:

- зернові;
- кормові;
- овочеві;
- декоративні.

Декоративні сорти амаранту можуть бути високотоксичними і, відповідно, непридатними для їжі, але можуть практично не містити токсини. Використовуються вони у флористиці, для прикраси зелених зон і так далі. Вживати їх в їжу не рекомендується в будь-якому випадку, так як під час їх розведення використовуються отруйні речовини.

Овочеві – це сорти, з яких в їжу використовується тільки зелена частина рослини. Вони не містять отруйних речовин, однак цінність їх зерна в порівнянні з цінністю зерна інших сортів настільки незначна, що обробляти його зазвичай сенсу немає. Хоча в деяких країнах, наприклад у Казахстані й Монголії, зерно овочевих сортів амаранту використовують для годівлі тварин (у переробленому вигляді). Проте зелена частина цих різновидів амаранту містить найбільшу кількість вітамінів серед інших сортів, має щільну «м'ясисту» структуру, що складається з м'яких волокон, приємна для смакових рецепторів людини й придатна для вживання як в сирому, так і в сушеному вигляді.

Кормові сорти амаранту використовуються для годівлі тварин. Відбираються вони за такою формулою: вміст білка : вміст токсичних речовин. Залежно від отриманого коефіцієнта, сорт визнається придатним або непридатним для годівлі домашніх тварин, а також визначається ступінь його придатності і, в кінцевому підсумку, цінність. Також на цінність кормових сортів впливає кількість вітамінів і мінералів, що містяться в різних частинах рослини.

Зернові сорти – найбільш дорогі й цінні. Зерно цих видів амаранту найбільш поживне й низькотоксичне. У ньому міститься найбільше олії і, отже, сквалену, а також необхідних людині фосфоліпідів. Крім того, зерно, отримане з цих сортів, має найвищі показники за вмістом токоферольних і

токотрієнольних з'єднань (тобто найбільш корисних різновидів вітаміну Е, які людина з їжею часто недоотримує, але які необхідні для успішного функціонування ряду процесів в організмі).

За перерахованих причин саме на зернових сортах зосереджують увагу селекціонери та генетики й саме цим сортам приділяється найбільше уваги під час вивчення корисних властивостей амаранту. Останнім часом завдяки поширенню й відносній простоті вирощування зернового амаранту, фермери для годівлі тварин часто використовують саме ці сорти. Зріс попит на якісні корми з амаранту, оскільки собівартість корму із зернових сортів більш-менш невисока [29].

У Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, занесено 16 сортів амаранту. Із них 8 зернового напряму використання, 4 – силосного, 2 – для озеленення, 1 – лікувальний.

Селекцією та насінництвом амаранту в Україні займаються науковці Харківського державного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва (6 сортів), Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України (5 сортів), Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААНУ (6 сортів), Інституту землеробства і тваринництва Західного регіону УААН (2 сорти), Інституту сільського господарства Полісся УААН (1 сорт), Сумської державної сільськогосподарської дослідної станції (1 сорт). Також в Україні є два насінневі господарства, які забезпечують посівним матеріалом українських виробників амаранту [30].

До Державного реєстру сортів рослин занесено 20 сортів амаранту, які рекомендовано для вирощування в різних агрокліматичних зонах.

Основні напрями використання створених в Україні сортів цієї культури такі: зерновий – Ацтек, Галицька, Жайвір, Котигорошок, Легінь, Орхідея, Поліщук, Ультра, Лера, Сем; силосний – Атлант, Кармін, Кремовий ранній, Скіф, Стерх, Садівський; квітничково-декоративний – Надія, Роганський, Вогняна кулька, Рушничок [31].

### **Різновиди зернових сортів амаранту**

У світі існує три різновиди амаранту, зерно яких має досить високі показники за вмістом олії, сквалену й інших корисних речовин, щоб вважатися не просто придатними для їжі і поживними, а й має дійсно високу харчову цінність. Саме з насіння таких сортів роблять амарантову олію, борошно, крупи, із цих різновидів добувають сквален, їх використовують в косметологічній і фармацевтичній промисловості. Це види *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus* й *Amaranthus caudatus*.

**Amaranthus cruentus** відомий у нас найбільше як амарант багрянний. Також його називають амарантом пурпуровим. У світових джерелах він зустрічається під назвами purple amaranth (назва, яка відповідає нашому «пурпурному»), red amaranth (червоний амарант), blood amaranth (амарант кольору крові), mexican grain amaranth (мексиканський зерновий амарант).

Амарант багрянний є однорічною рослиною, яка може досягати 2 м у висоту. Доспілий екземпляр увінчаний пишною свічкою рожево-бузкового, помаранчево-червоного, помаранчевого, жовто-помаранчевого, жовто-зеленого або не дуже темного червоного кольорів. Найчастіше чим вища рослина, тим більша й пишніша свічка. Листя й стебло *Amaranthus cruentus* мають переважно зелений колір, хоча відомі «фіолетові» (а по факту – темні червоно-лилові) сорти цього виду. Фіолетовий *Amaranthus cruentus* зазвичай трохи нижчий (до півтора метра), свічка у нього не така пишна, як у зелених побратимів, проте відсутність пишності компенсується щільністю квітки.

Спочатку амарант багрянний ріс в Північній і Центральній Америці, і саме він фігурує в легендах про древніх інків. Зараз його сорти вирощують в Америці, Європі, деяких азіатських країнах, що знаходяться в межах приблизно 30-55 градусів північної широти, а також у північній і південній частинах Африки. У північних регіонах Європи й Азії амарант багрянний приживається погано (як, втім, і будь-який амарант) і вирощується тільки в тепличних умовах. *Amaranthus cruentus* – знахідка для населення Африки: ці сорти рослини приживаються на континенті найкраще і дуже цінуються через стійкість до засух і простоту вирощування, особливо в нерозвинених країнах.

**Amaranthus hypochondriacus** поширений на пострадянському просторі під назвою амарант печальний.

Амарант печальний – однорічна рослина з темно-червоними свічками. Висота безпосередньо залежить від ареалу вирощування. Наприклад, в деяких країнах цей різновид амаранту рідко перевищує 130-140 см, а в Україні, а також Китаї, Індії та Мексиці нормою для амаранту печального є висота, яка становить 150-160 см. Квітки складаються з дрібних зерняток, зібраних в щільні клубки, які, в свою чергу, утворюють свічку. Пишністю, на відміну від амаранту багряного, вони не відрізняються. У деяких сортів свічка може досягати 30-35 см, хоча часто коливається від 20 до 25 см. Стебла амаранту печального зазвичай мають яскраво виражений червонуватий відтінок, хоча концентрація червоного теж варіюється: деякі сорти мають стебла, в яких переважає зелений колір. Гілкується амарант печальний слабо. Колір листя відповідає забарвленню стебла і, відповідно, також варіюється від зеленого з домішкою червоного відтінку до червоного зі слабким відтінком зеленого. *Amaranthus hypochondriacus* має загострену форму листя, а довжина їх досягає 15 см.

Зростає амарант печальний переважно в теплих країнах, розташованих на рівні 14-44 градусів північної широти, а також в Латинській Америці. Дуже поширений у Мексиці й Іспанії. В Україні досліди по його вирощуванню успішно проводилися в південних регіонах, зокрема в Херсонській та Одеській областях. Розведення амаранту в північних регіонах визнано недоцільним, оскільки витрати на його вирощування збільшуються, а продуктивність не підвищується або падає.

**Amaranthus caudatus** відомий на території пострадянських країн як амарант хвостатий. У нас він рідко вирощується для комерційного використання, а в основному – у декоративних цілях. Проте в латиноамериканських країнах, Австралії, Новій Зеландії, Індонезії, на Філіппінах і на Шрі-Ланці *Amaranthus caudatus* – одна з найбільш популярних зернових та олійних культур. Амарантова олія виробляється в основному з цих

сортів амаранту, причому вміст сквалену в ньому буває навіть вище, ніж в олії, добутої з амаранту багряного – лідера за кількістю сквалену.

Амарант хвостатий у перерахованих країнах називають також *pendant amaranth* (висячий амарант), *tassel flower* («квітка-пензлик» дослівно), *velvet flower* (оксамитова квітка), *foxtail amaranth* («лисячий хвіст») і ін. Висота дозрілого амаранту цього різновиду коливається від 1 до 2,5 м залежно від сорту й частково – від зони вирощування. Наприклад, в Австралії рослини *Amaranthus caudatus*, як правило, нижчі, ніж у Перу або Колумбії. Значну частину рослини становить квітка – довгий «хвіст» пурпурного, темно-червоного або зеленого кольору.

Хвости декоративних сортів можуть досягати 100 см в довжину, а сорти, що використовуються в харчовій промисловості, мають трохи менші хвости – 50-70 см. Темно-червоні квіти зазвичай досить вузькі й загострюються до кінця. Пурпурні й зелені, навпаки, пишні і мають практично однаковий діаметр по всій довжині «хвоста».

Амарант хвостатий стійкий до посухи й любить сонце, тому добре росте в жарких степових зонах. Однак у вологому кліматі він теж відчуває себе добре, тому зустрічається в тропіках, де зазвичай розростається дуже широко. В Україні його вирощують спочатку в теплицях, а коли встановлюється стійка тепла погода, висаджують на відкритий простір, де він успішно цвіте до перших морозів. Незважаючи на це, *Amaranthus caudatus* в Україні вирощується слабо і найчастіше – в рамках науково-дослідних експериментів.

**Амарант багряний** – основний зерновий різновид амаранту, що підкорив більшу частину північної півкулі. Це закономірно: для інших видів зернового амаранту з високим вмістом жиру клімат в Європі, Північній Америці та Північній Азії досить суворий. Проте амарант багряний – рослина південна й для помірного клімату занадто теплолюбна. Так, зернові сорти, які вживали в їжу в давнину, збереглися в первісному вигляді тільки в зонах з аналогічними кліматичними умовами. Наприклад, в Іспанії, Греції, трохи в Туреччині, частково в Китаї. Більшість же «древніх» зернових сортів переродилися в

дикий амарант, нині щирицю, і на даний момент майже всі вони визнані високотоксичними й непридатними для їжі.

Більшість сортів амаранту, що вирощуються нині в північній півкулі сортів амаранту – заслуга науково-дослідних інститутів і лабораторій Європи й Америки. Майже в кожному регіоні Європи й США протягом останнього півстоліття виводили «свої» сорти амаранту, які добре приживалися в кліматичних умовах даної країни. На території СНД робота в цьому напрямку активно ведеться з початку 90-х років. За основу практично скрізь беруться різновиди амаранту багряного, як найбільш продуктивного та сталого з уже наявних. Саме так північна півкуля отримала кілька нових сортів амаранту з високим вмістом жиру й сквалену.

Цінність зернових сортів амаранту визначається за кількома критеріями:

- кількість олії, яку можна отримати із зерна;
- відсоток сквалену в отриманій олії;
- кількість білка й мінералів у зерні;
- придатність листя й квіток для вживання в їжу;
- врожайність;
- стійкість до несприятливих погодних умов і стійкість до осипання.

Не існує сортів, які б мали найвищі показники за всіма критеріями одночасно. Тому, вибираючи амарант, важливо визначити, який показник найбільш важливий, і враховувати це. Наприклад, у теплих регіонах найчастіше віддається перевага зерновим сортам, які виграють за показниками олії, сквалену, білка й інших речовин. А в регіонах із несприятливими погодними умовами аграрії вибирають більш стійкі види амаранту. Цінність такого зерна нижча, але ці рослини дають більш високий урожай у порівнянні з багатьма зерновими культурами (не тільки амарантом), тому їх вирощування так чи інакше є більш вигідним.

Сьогодні існує кілька визнаних сортів амаранту різновиду *Amaranthus cruentus*, які вирощуються на території північної півкулі для отримання сквалену, виготовлення олії й інших продуктів харчування.

### **«Геліос» («Helios», «Red Amaranth»)**

Ранньостиглий сорт, що належить до гібридних, виведений на основі *Amaranthus cruentus*. Успішно вирощується в Міннесоті, Південній Дакоті, в штаті Вісконсін, на півночі Німеччини, а також в Україні. Свічка темно-помаранчева середніх розмірів; стебла зелені; листя зелене, у великих рослин, вирощених ближче до півдня, є темно-помаранчеві прожилки; зерно біле. У висоту вільно досягає 165 см і більше, у південних регіонах – 175 см.

Отримання амарантової олії відбувається шляхом холодного віджиму. Кількість жиру в зерні становить до 10%. Кількість сквалену в олії, отриманій шляхом холодного віджиму, досягає 7,5-8%. Кількість сквалену в олії, отриманій шляхом екстракції, може доходити до 9%. За вмістом білка в зерні (близько 19%) незначно поступається аналогам. Листя можуть бути використані для годівлі великої рогатої худоби й свиней, переважно у вигляді силосу. Урожайність зерна середня, становить до 30 ц/га у хороших умовах, частіше спостерігається врожайність 20-23 ц/га. Стійкість до несприятливих погодних умов й осипання висока.

Сорт «Геліос» придатний для вирощування в зонах із відносно суворим кліматом. Показники врожайності будуть нижчі, ніж у теплих сонячних регіонах, однак за належного догляду вони значно перевищують показники врожайності інших зернових культур, що мають схожу сферу застосування.

**«Помаранчевий гігант» («Золотий гігант», «Червоний гігант», іноді – «Red Amaranth»)**

Відносно пізній сорт, якщо вегетаційний період ранньостиглих становить близько 80 днів (а український сорт «Ультра», наприклад, дозріває в деяких місцях за 60-70 днів), то «Помаранчевому гігантові» необхідно для дозрівання 110-120 днів. Свічка у амаранту цього сорту пишна, яскраво-помаранчева, близько 30-35 см; стебла зелені; листя зелене з жовтуватими прожилками; зерно світле, з легким жовтуватим відтінком, ледь сплюснене. Рослина досягає у висоту 2-2,5 м.

Використовується для отримання олії шляхом екстракції, придатний і для



отримання олії методом холодного віджиму, так як відсоток жиру в зерні досить високий – майже 8%, через що олія цього сорту зазвичай трохи дешевша. Але й сквалену в олії цього сорту трохи менше – 6,5...7%. З «Помаранчевого гіганта» виробляють крупи, борошно, хлібобулочні вироби, рідше макарони. Олія, зерно і вироби з цих продуктів мають горіховий присмак (в олії він виражений досить яскраво, у зерні слабше).

Зелена маса використовується для годівлі домашніх тварин, як правило, у свіжому вигляді, хоча трав'яне борошно й трав'яні гранули з амаранту цього сорту також виготовляють. Вітамінні показники досить високі, а листя є соковитим і пружним, завдяки чому домашні тварини швидко його з'їдають.

Урожайність зеленої маси досить хороша, проте врожайність зерна відносно невисока – до 30 ц/га, чим, очевидно, й обумовлена невисока популярність сорту. Стійкість до несприятливих умов та осипання також має високі показники. Рослина успішно вирощується на території Воронежської області, Польщі, України та в регіонах з подібними погодними умовами.

**«Ацтек»** («Мексиканський амарант», «Мексиканський зерновий амарант»).

Один з найбільш поширених в північній півкулі сортів амаранту. Приживається як у теплих регіонах, так і в зонах з відносно несприятливими погодними умовами. Вирощується на півночі Італії, у Греції, в Іспанії, частково в США, а також в Україні і в Казахстані. Вегетаційний період сильно залежить від кліматичних умов і коливається в діапазоні від 80 до 120 днів. Висота рослин невелика, зазвичай не перевищує 150 см, хоча в південних регіонах може досягати 170 см. Свічка темно-червона, середньої пишності; стебла темно-червоні, можуть бути незначні зелені прожилки; листя зелено-червоне; зерно темне, коричневого відтінку.

Незважаючи на поширеність, «Ацтек» має хоч і високі, але не найвищі показники по олійності – до 9% жиру в зерні. Сквалену в жирах зерна цього сорту 7%. Однак «Ацтек» можна також назвати універсальним: з нього роблять і олію, і крупи (практично всі дуже темні амарантові крупи – це «Ацтек»), і

хліб, і інші харчові продукти. Також його вирощують у кормових цілях, оскільки зерно цього сорту амаранту містить до 20% білка (по білкових показниках це один із кращих сортів), а листя за рахунок соковитості добре з'їдаються тваринами в сирому вигляді.

«Ацтек» відрізняється хорошою стійкістю до несприятливих погодних умов, високим приживанням, практично не мутує, за рахунок чого й зберігся так добре з давніх часів, стійкий до осипання. Урожайність зерна середня й становить зазвичай до 30 ц/га, хоча цей показник теж коливається залежно від регіону.

### **«Харківський-1»**

Універсальний сорт. За рахунок того, що і зерно, і листя застосовуються однаково широко, водночас і завдяки лікувальним властивостям, відомий також під назвою «Харківський-1 лікувальний». Свічка зелено-жовта, досягає 30 см; стебла й листя світло-зелені, яскраві; зерно світле й з яскраво вираженим золотавим відтінком. Досягає у висоту 250 см, у зонах із несприятливими кліматичними умовами або при відсутності належного догляду зупиняється на 200 см.

Один з найбільш високоолійних сортів. Амарантова олія холодного віджиму, що виготовлена в Україні й реалізується в аптеках, виробляється переважно із зерна амаранту «Харківський-1». Останнім часом сорт використовується і для отримання олії шляхом витяжки. Кількість сквалену в олії холодного віджиму 8%, кількість сквалену в олії, виробленій шляхом екстракції й реалізованої в якості лікувального препарату, який містить сквален, може досягати 10%. Має найвищі показники за вмістом білка, а листя «Харківського-1» відрізняються соковитістю й високим вмістом вітамінів. За цими критеріями сорт цінується і в харчовій промисловості, і у фармацевтичній, і у фермерів, і у виробників комбікормів. З амаранту сорту «Харківський-1» виробляють крупи, чай, спеції, а також трав'яне борошно й трав'яні гранули.

«Харківський-1» має також один з найвищих показників урожайності,

вона може досягати 50 ц/га. Відносно стійкий до несприятливих погодних умов, відсоток осипання невеликий. Рекомендується висадка в теплицях із подальшим пересаджуванням на відкритий простір. Активно вирощується в Україні, Росії, був завезений у країни Західної Європи, де найкраще прижився в Чехії та Польщі.

### **«Ультра»**

Один з найбільш ранніх сортів амаранту на території Європи. Надраннім вважається в південних регіонах, у тому числі на півдні України. Свічка жовтувата, близько 20-25 см; стебла й листя зелені, листя можуть мати жовтий відтінок; зерно біле. Досягає 200 см у висоту.

Високоолійний сорт, використовується переважно для отримання олії шляхом екстракції. Вміст сквалену в амарантовій олії, отриманій з цього сорту, коливається в межах 7-8%. Зерно амаранту «Ультра» широко використовується в харчовій промисловості: з нього виробляють крупи, борошно, макарони і т. д. Борошно відрізняється м'якістю, високою сипучістю, білизною. Амарантовий хліб і кондитерські вироби, як правило, теж печуться з борошна, виготовленого із зерна «Ультра».

Рідко використовується як корм для тварин, оскільки вміст білка в цьому сорті відносно невисокий у порівнянні з іншими (17...17,5%). Однак з огляду на раннє дозрівання цей сорт іноді використовується в стартових кормах для птиці й поросят. Зелена маса використовується рідко.

За врожайністю амарант «Ультра» можна порівняти з сортом «Харківським-1», але тільки в теплих регіонах: на півдні України кількість отриманого зерна також становить близько 50 ц / га. Стійкий до осипання та несприятливих погодних умов, проте не дуже добре адаптується в зонах, де навесні мало сонця. Успішно вирощується в Україні, був завезений до Польщі. Дані щодо подальшого поширення відсутні, незважаючи на хорошу приживлюваність.

### **«Воронезький»**

Один з найбільш стійких до погоди ранньостиглих сортів амаранту.

Вегетаційний період становить 80-100 днів. Має досить високі показники врожайності зерна –до 35 ц/га за рахунок великої свічки, яка досягає 60-70 см при загальній висоті рослини 100-120 см. Свічка зелена, висока, прямостояча, не пишна; стебла й листя зелені; зерно світле.

Вміст жиру в зерні цього сорту трохи вище середнього – близько 7%. Але для північних регіонів це один із найкращих показників олійності амаранту, вирощеного на відкритому просторі. Сквалену в олії такого амаранту 5-6%. Крім олії, з амаранту сорту «Воронезький» роблять крупи, борошно та макарони. Білка в зерні досить багато – близько 19%, що робить зерно «Воронезького» цінним для тваринників і виробників кормів для домашніх тварин і птиці. Однак в якості кормового сорт практично не використовують через невелику кількість зеленої маси: вирощувати його для виробництва трав'яного борошна й гранул недоцільно.

«Воронезький» відносно стійкий до осипання й дуже стійкий до несприятливих погодних умов, в тому числі до тривалої відсутності сонця, що для амаранту рідкість. Тому його успішно вирощують навіть у тих зонах, де приживлюваність зернових культур дуже низька.

Також відносно продуктивним серед амаранту багряного з точки зору вмісту жирів в зерні і сквалену в жирах вважається сорт «Кізлярець». Кількість жирів в ньому досягає 6,5%, кількість сквалену в олії 6%. Його рідко використовують для виробництва олії, однак зерно можна вживати в лікувальних цілях.

### **Амарант печальний і амарант хвостатий**

Якщо практично на всій території північної півкулі (до 55 градусів широти) харчова промисловість, фармацевтичні й косметологічні компанії зацікавлені в амаранті багряному, то в південній півкулі водночас із ним використовується кілька сортів амаранту хвостатого і амаранту печального.

**«Amaranth Love Lies Bleeding»** («Purple Amaranth», «Fairy Tale Amaranth»)

Один з найвідоміших сортів амаранту хвостатого. Назва сорту часто

помилково сприймається як метафора до амаранту в цілому.

Висота зеленої частини зазвичай коливається в межах 90-110 см, довжина хвоста складає близько 80 см, отже, загальна довжина рослини наближається до 2 м. Хвіст є своєрідним пучком пензликів, має насичений пурпурний відтінок; листя й стебла яскраво-зелені; зерно світле, діаметром 5 мм.

Кількість жиру в зерні амаранту цього сорту 9-10%, кількість сквалену в олії холодного віджиму 8%. У південних країнах технології отримання сквалену з амаранту розвинені краще, тому сорт переважно використовується для вилучення цієї речовини й подальшої її реалізації в якості лікарського засобу або біодобавки. Також з «Love Lies Bleeding» у різних країнах роблять олію, борошно, крупи. Для отримання олії цей сорт вирощують в Індії, Таїланді. У країнах Південної Америки поставлено на потік виготовлення амарантового борошна й хлібобулочних виробів із зерна «пурпурного амаранту», хоча для отримання олії рослина також використовується. Усюди цей сорт амаранту вирощується в Африці – в Нігерії, Намібії, Мозамбіку та інших країнах. Широко поширений в Австралії та частково в Новій Зеландії.

В інших країнах «Love Lies Bleeding» можна зустріти як декоративну рослину. А в південних регіонах Китаю для годівлі тварин використовується зелена маса цього різновиду амаранту.

Рослина теплолюбива, посухостійка, але добре розростається і в тропіках. Вегетаційний період становить 80-90 днів.

#### **«Amaranth Green Tails»**

Зерновий сорт амаранту хвостатого поширений в Аргентині, Бразилії та інших країнах Латинської Америки. Зустрічається в Австралії та Новій Зеландії. Стеблева частина рослини у висоту досягає 80-100 см, хвіст 60-80 см. Уся рослина в дозрілому вигляді має зелений колір, при цьому стебла і листя більш яскраві, а хвіст блідо-зелений. Зерно біле.

Кількість жиру в зерні цього сорту становить 9...9,5%, кількість сквалену в олії 5-6%. Проте зерно практично не використовується для виготовлення олії; місцеві виробники вибирають пурпурний амарант, який добре росте в

аналогічних географічних зонах. «Amaranth Green Tails» вирощують фермери, також він широко поширений серед бідних верств населення. Зерно використовується для виробництва борошна й хлібобулочних виробів.

У деяких європейських країнах використовується у вигляді декоративної рослини. Вегетаційний період становить 90-100 днів у наближених до екватора регіонах і 110-120 – у Європі.

#### **«Amaranth Green Thumbs»**

Найменш поширений сорт із відносно високоолійних видів амаранту. Формально відноситься до *Amaranthus caudatus*, за фактом є гібридним. Висота стебла становить 100-120 см, хвіст за формою більше нагадує свічку, але звисає, а розмір його коливається в межах 15-25 см. Вся рослина цілком насиченого зеленого кольору, хвіст може бути трохи світлішим за листя й стебла, але досить яскравий. Зерно біле.

Врожайність цього сорту досить низька – до 15 ц/га, проте в зерні міститься близько 8% жиру, що робить сорт досить цінним із точки зору поживності. Вміст сквалену точно не встановлено, проте зрідка зустрічається отримана з цього сорту олія, і виробники заявляють про 5% сквалену в своєму продукті. «Amaranth Green Thumbs» в якості харчової культури вирощується в деяких країнах Африки, на фермах Латинської Америки. Сорт вирощують також в Австралії, Індонезії, на Філіппінах, однак у харчовому виробництві там не використовується. Зустрічається в південній частині північної півкулі.

#### **«Amaranth Princess Feather Pygmy Torch»**

Зерновий і декоративний сорт амаранту печального. Спочатку ріс у Мексиці, потім поширився по всьому світу. Як зерново активний вирощується в екваторіальних зонах: у Колумбії, Перу, Еквадорі, у Замбії, Ефіопії. Зустрічається в Австралії, де використовується для отримання олії. Як декоративний сорт вирощується на півдні Європи, у північній Африці, в Австралії.

Висота рослини коливається в межах 170-200 см. Зелена частина невелика, менше 1 м, стебла й листя мають червонуватий відтінок, але

основний колір зелений. Свічка темно-бордова, майже чорна, прямостояча, щільна, досягає 30 см у висоту. Зерно світло-коричневе, близько 5 мм у діаметрі. Дозріває за 80-90 днів.

Сорт цінується за високу для екваторіальних зон врожайність зерна – близько 35 ц/га. Цим, очевидно, пояснюється його низька популярність на півдні північної півкулі, де амарант багрянний часто дає більший урожай. Вміст жиру в зерні амаранту «Princess Feather Pygmy Torch» 8%, вміст сквалену в олії 6-7%. Для отримання сквалену практично не використовується, для отримання олії рідко, зерно переважно йде на виробництво борошна, крупи, пластівців і схожих продуктів харчування.

Говорячи про високоолійні сорти амаранту, варто згадати також *Amaranthus caudatus mantegazzianus* (більше 7% жиру) і ще один різновид амаранту хвостатого, виведений у США, який вирощується в Еквадорі. Останній містить 9-10% жиру й на даний момент є експериментальним.

### **Вибір високоолійного амаранту**

Середній вміст жиру в зерні амаранту 4-5%. Зерно з 6% жиру вважається вже більш якісним, а сорти, у насінні яких зафіксовано понад 7% жиру, відносяться до високоолійних. 9-10% жиру рідкісний показник, і найчастіше такий амарант використовується виключно для виробництва олії й отримання сквалену.

Цікаво, що 9-10% дуже низький показник вмісту жиру для олійних культур у принципі. Так, олійний льон містить близько 34% жиру. Зокрема, невеликим вмістом жиру в зерні обумовлена висока вартість амарантової олії.

Найчастіше, чим більше олії можна отримати із зерна, тим вище відсоток сквалену в олії. Але ця закономірність працює не завжди, тому орієнтуватися на неї при знайомстві з новими сортами не варто.

Немає сенсу вибирати найбільш високоолійні культури для виробництва борошна, круп, а також комбікормів та ін. Собівартість таких продуктів з амаранту з 9-10% жиру значно вища, а відмінності при порівнянні з продуктами, виготовленими з амаранту з 7-8% жиру, вельми незначні (з точки зору харчової цінності) [32].

### 1.3. Біохімічний склад амаранту

Амарант – однорічна, високоросла, світлолюбна рослина з м'ясистим стеблом. Листя велике овальне зверху загострене. Зелена маса на 40-60% складається з листя, 30-35 зі стебел і 18-28% з суцвіть.

**Білки.** Протеїн корму є одним з основних факторів ефективного використання всього корму та його обмінної енергії. З погляду поживної та харчової цінності хімічний склад амаранту вивчений найбільш детально за вмістом білка та його амінокислотним складом. У 100 кг зеленої маси міститься загалом 15–18 кормових одиниць. Вихід білка з 1 га посівів амаранту становить близько 200 кг, тому він є високобілковою культурою. У ячменю та пшениці – традиційних для вітчизняного землеробства культур – цей показник на порядок нижчий. У сухій речовині суцвіть амаранту накопичується від 20 до 50% протеїну, у листі – 21-47, у стеблах – 7-16%. Загальний вміст протеїну в насінні різних видів амаранту залежить від виду, сорту, фази розвитку, якості та рівня азотних добрив, кліматичних умов вирощування й знаходиться в межах від 11 до 23%.

Аналізуючи хімічний склад амаранту, встановлено, що в зеленій масі рослини вміст повноцінного білка, збалансованого за амінокислотним складом, може досягати до 30%, а в його насінні кількість протеїну знаходиться в межах від 13,6 до 18%. Такі параметри сирого протеїну в зерні амаранту перевищують відповідні показники зернових культур. Наприклад, вміст протеїну в ячмені становить 13-17 %, у кукурудзі – 14-17 %, у пшениці – 9,4-14,2, у житі – 9,4-14, у рисі – 7,5.

Інтенсивний біосинтез білка у фітомасі амаранту відбувається внаслідок того, що екsudати кореневої амарантової системи стимулюють життєдіяльність ризосферних мікроорганізмів, відповідальних за асоціативну фіксацію азоту [33].

Кількість білка в листі амаранту відрізняється залежно від сорту та фази його розвитку. Так, в онтогенезі зміни у вмісті сумарного білка були



аналогічними: їх кількість збільшувалася від вегетативної фази до фази бутонізації, досягаючи максимуму у фазі цвітіння, а потім різко падала до закінчення вегетації. Аналіз досліджень, проведених Л. А. Мірошниченко, показав, що вміст білка в насінні амаранту коливається від 12 до 29% і залежить, головним чином, від сорту й умов проростання [34].

Білок амаранту серед інших рослинних протеїнів наближений до ідеального. Якщо оцінити білок курячого яйця (ідеальний) у 100 балів, то казеїн (молочний білок) матиме 72 бали, соєвий – 68, кукурудзи – 44, пшениці – 58, а амаранту – 75 балів. Білок амаранту використовується тваринами більш ефективно, ніж протеїн зерен злакових культур та кукурудзи. Встановлено, що збалансованість білка амаранту за амінокислотами та коефіцієнт його використання перевершують відповідні показники сої.

Основним показником якості білка є його амінокислотний склад і особливо вміст незамінних амінокислот. Встановлено, що білок амаранту на 60-80% складається з легкорозчинних фракцій: альбумінів (38,4%) та глобулінів (18,8%), екстракція яких досить добре здійснюється у виробничих умовах. В амаранті спирторозчинні білки проламіни, які незбалансовані за амінокислотним складом і мають низький вміст незамінних амінокислот, становлять лише 12,6 %, тоді як у зерні злаків їх кількість наближається до 40 % від загального білка. На лужнорозчинні білки глутеліни, які за поживною цінністю близькі до альбумінів і глобулінів, припадає 21,2 % [35].

У складі альбумінів і глобулінів амаранту (розчинних білків) виявили велику кількість незамінних амінокислот, таких як лейцин (8,1), лізин (до 6 %), треонін (5,2 %), метіонін (2,2), за якими для більшості зелених кормів відзначається дефіцит. В амаранті серед замінних амінокислот знаходиться велика кількість аспарагінової (9,8%) та глутамінової (9,3) кислот, аланіну (8,4), аргініну (7,9%). Вміст амінокислот в 1 кг сухої речовини вегетативної маси коливається від 81,5 до 148 г. Протеїн амаранту є одним з кращих білків рослинного походження та за вмістом незамінних амінокислот перевершує білок сої [36].

Зарубіжні дослідники встановили, що залежно від виду амаранту, вміст незамінних амінокислот відрізняється: треоніну від 5,1 до 7,1 %, валіну 5,2–6,3 %, метіоніну 0,6–2,7 %, ізолейцину 4,3–6,4 %, лейцину 4,9–8,4 %, фенілаланіну 3,8–5,1 %, гістидину 1,7–2,6%, аргініну від 3,8 до 5,1%. Вміст лізину, якого дуже мало міститься в більшості овочів та злаків, змінюється від 4,0 до 5,6% [37].

За вмістом незамінних амінокислот у насінні амаранту, таких як лізин, треонін, аргінін, фенілаланін і ряду інших, амарант є лідером серед усіх рослин, і баланс незамінних амінокислот у білку амаранту близький до еталону, рекомендованого FAO. Відомо, що лізин в організмі людини не синтезується, і отримати його тварини й люди можуть лише з їжею.

У 1 кг сухої речовини вегетативної маси амаранту міститься лізину 7,1–7,15 г, а кукурудзи – 2,8 г, тобто. у 2,4 рази більше. Щодо амінокислотної збалансованості, то білок листя амаранту близький до ідеального для свиней.

Нагромадження нітратів в амаранті залежить від типу добрив та їх кількості. Як правило, нітрата накопичуються у стеблі. У листі амаранту нітратів міститься в 2 рази менше, ніж у C-3 рослин.

**Вміст цукрів, розчинних полісахаридів і пектинових речовин в амаранті.** На сьогодні за мономерним складом в амаранті виділено й охарактеризовано такі класи вуглеводів: прості цукри, водо- та спирторозчинні полісахариди, геміцелюлози й пектинові речовини. Вміст цукрів в амаранті залежить від його видової приналежності: у стеблах його кількість коливається від 0,34 до 7,48 %, у суцвіттях знаходиться в межах від 0,37 до 3,34, у листі міститься від 0,49 до 4,52 % сирої маси. У перерахунку на суху речовину найбільша кількість цукрів знаходиться в стеблах – 13,93 %, трохи менше їх міститься у листі – 10,69 та найменший вміст у суцвіттях – лише 7,26 % [38].

Вуглеводи насіння амаранту, які займають 60 % від маси насіння, складаються з моносахаридів, представлених глюкозою й фруктозою, олігосахаридів, що складаються з сахарози, стахіози, раффінози, та полісахаридів [39].

При водній екстракції амаранту вміст цукрів у розчині неоднаковий. Відмінності спостерігаються як за кількістю, так і складом отриманих цукрів. Це пов'язано з автолізом. У результаті гідролізу крохмалів частково розпадається на мальтозу та мальтотріозу, сахароза перетворюється на глюкозу та фруктозу, а трисахарид рафіноза розпадається на фруктозу, глюкозу та галактозу.

Серед полісахаридів основним є крохмаль. Його кількість у насінні становить 69 %, причому основна частина якого представлена чистим амілопектином [40].

У крохмалі, виділеному із зерен *A. hypochondriacus*, відсотковий вміст амілози становив 7,2 %, а в крохмалі *A. cruentus* та *A. hypochondriacus* кількість амілози знаходилася в межах від 4,8 до 6,4%, у крохмалі *A. hypochondriacus* містилося від 0 до 14% амілози.

Крохмаль амаранту – це білий кристалічний порошок. За даними Є.Н. Офіцерів та ін., гранули однорідні за розміром, діапазон яких знаходиться в межах від 0,8 до 2,5 мкм, і вони мають незграбну й багатокутну форму [39].

Крохмаль амаранту складається з амілопектину й амілози, кількість амілози в ньому коливається від 0 до 22 %, що значно менше, ніж у крохмалю інших зернових культур. Від умов вирощування та від невідомих досі внутрішніх факторів залежить вміст амілози та змінюється її діапазон.

Л. Jane, JF. Chen [41] відзначають, що висока температура желювання (62-70 °С), низька розчинність, висока водоутримуюча здатність, висока амілографічна в'язкість, знижена субстратна спорідненість до ферменту  $\alpha$ -амілази й стійкість гелів при заморожуванні-розморожуванні обумовлені високим вмістом амілопектину, дуже малими розмірами крохмальних гранул й однорідністю їх розподілу за розміром. Внаслідок цього крохмаль амаранту має такі унікальні та корисні властивості. Причому під генетичним контролем знаходяться склад гранул, їх морфологія та супрамолекулярна організація.

**Клітковина** в насінні амаранту є найважливішим представником полісахаридів. За даними І.М. Камишової [42], у світлозabarвленому насінні

масова частка клітковини займає 3,9-4,9 %, а в темнозабарвлених відсотковий вміст її становить 14,3-16,5. Концентрація клітковини не залежить ні від ґрунтово-кліматичних умов вирощування амаранту, ні від видової приналежності його, а змінюється залежно від кольору оболонки.

Амарант як кормова культура містить невисокий відсоток клітковини (16...20%) за концентрації пектину в межах 9,5...11,3 %, хлорофілу 73...80 мг% та водорозчинних цукрів 6,4-7, 2% на суху речовину.

Вміст пектинів, виділених із надземної частини амаранту, залежить від способу екстракції і становить 20...35% по сухій речовині. Пектинові речовини, отримані з *A. cruentus* L., є аморфним порошком, який добре розчиняється у воді й утворюється в'язкий розчин. Молекулярна маса й колір залежать від способу його виділення, а структура його схожа на яблучний пектин [43].

Окрім того, що пектини використовуються в медицині як лікувальний засіб як детоксиканти важких металів, у разі захворювань органів травлення, для поліпшення роботи серцево-судинної системи та зниження рівня холестерину в крові, вони є універсальною харчовою добавкою.

Використовуючи пектин, що є компонентом клітковини, зменшується вміст у крові тригліцеридів і холестерину. Пектин покращує травні функції кишечника, уповільнює всмоктування цукрів із травного тракту, захищає печінку від токсинів і врівноважує вміст цукру в крові хворих на цукровий діабет. Отже, амарант, що відрізняється здатністю до накопичення біологічно-активних пектинових речовин, які володіють захисною та лікувально-профілактичною дією, є перспективною рослиною, рекомендованою для використання в тваринництві та як сировину при промисловому отриманні пектину.

**Кількісна та якісна характеристика жирів амаранту.** Як джерело біологічно активних сполук гідрофобна фракція насіння амаранту викликає певний інтерес і має високу біологічну цінність. За даними А.В. Железнова [43], у зерні амаранту вміст жиру досягає 5-6 %. Основна частка ліпідів представлена тригліцеридами, які займають 70-85% загального вмісту.

С. Ф. Биков та ін. [44] встановили, що тип насіння впливає на кількість тригліцеридів і полярних полісахаридів (стеринів, фосфоліпідів, вільних жирних кислот). Високий вміст вільних жирних кислот і фосфоліпідів характерний для темнозбарвленого насіння. Між світлим і темнозбарвленим насінням проміжне положення займають рожево-насінневі типи. Крім того, за даними Л.А. Мірошниченка [45], олійність насіння амаранту залежить від тривалості вегетаційного періоду і чим довший вегетаційний період, тим більший вміст олії.

Насіння амаранту за своїми біохімічними властивостями займає проміжне положення між олійними й зерновими культурами. Порівнюючи жирнокислотний склад пальмової та бавовняної олій зі складом амарантової олії, В.В. Мартішкін [46] виявив схожість їх складу та властивостей, причому загальний вміст насичених і ненасичених кислот у них ідентичний.

У насінні амаранту вміст ліпідів знаходиться в межах від 3 до 17%. Серед жирних кислот у них переважають олеїнова, лінолева й ліноленова.

Амарантове масло за складом тригліцеридів належить до групи лінолевої кислоти, так як на її частку припадає близько 50% від суми жирних кислот. Встановлено, що вміст найбільш біологічно активних, незамінних кислот (омега-3 – ліноленової кислоти) досягає 1%.

Ліпідна фракція насіння амаранту складається з комплексу вітаміну F і сквалена, частка якого досягає до 10%, що є основним ліпідним компонентом шкіри людини і застосовується в косметичних та лікувальних мазях [47].

Сквален – це природний ациклічний тритерпен. Нині його отримують із жиру печінки глибоководних акул, які використовують сквалени в адаптивній реакції організму до гіпоксичних умов, що виникають під час плавання на великих глибинах. Зазвичай у рослинних оліях рівень сквалена низький і становить 0,1-0,7%. Сквален є попередником тритерпенів та стероїдів. Він виконує в організмі роль регулятора ліпідного та стероїдного обміну, будучи попередником стероїдних гормонів, холестерину й вітаміну Д.

Вивчаючи склад амарантового масла, виявили, що в ньому міститься до

10 фосфоліпідів, до 2% токоферолів та до 2% фітостеринів, які надають лікувальну дію на організм тварин та людини.

Переважаючим компонентом фосфоліпідів амаранту є фосфатидилхолін (лецитин). Він є основним харчуванням усієї нервової системи, входить до складу оболонки нервових волокон, забезпечує нормальний обмін фосфоліпідів, є найважливішим будівельним матеріалом для мозку. У разі його нестачі з'являється дратівливість, нервові зриви, в тому, розсіяний склероз, зниження пам'яті та інші порушення мозкової діяльності. Лецитин допомагає очистити від холестеролових бляшок стінки судин, а також покращує функцію печінки та нирок, перешкоджає утворенню жовчного каміння.

У зелені амаранту міститься 3,8% жиру від сухої речовини. У сухій речовині листя амаранту знаходиться 10,6% ліпідів. Жирні кислоти, що містяться в амаранті, представлені ауріновою, міристиновою, миристоолеїною, пальмітиною, пальмітоолеїною, стеариною, олеїною, лінолевою, ліноленою й пальмітиною переважають над іншими жирними кислотами, що містяться в амаранті [48].

Насіння амаранту багате на унікальні біологічно активні сполуки й компоненти, дефіцитні в зерні традиційних злакових культур. Отже, амарант може бути рекомендований як джерело незамінних та ненасичених жирних кислот.

**Вміст макро- та мікроелементів в амаранті.** Мінеральний склад насіння та борошна амаранту недостатньо вивчений. Нині в зерні визначено 27 макро- та мікроелементів, воно багате калієм, фосфором, міддю й залізом. Від зони та сорту вирощування залежить вміст того чи іншого елемента. У насінні амаранту вміст фосфору, кальцію та магнію більший у порівнянні зі злаковими культурами. При цьому в оболонці концентруються в основному натрій, кальцій і марганець, а фосфор, мідь і залізо переважно представлені в зародку. У насінні амаранту кількість макро- та мікроелементів становить: Ca – 187, P – 455, Mg – 288, Zn – 3,8, Fe – 10, Cu – 0,9, Na – 32, K – 420 мг%.

В. М. Зеленковим та ін. [49] було показано, що хімічний склад листової частини *Amaranthus cruentus* L. відрізняється високим вмістом зольного залишку, концентрація якого досягає до 21% у сушеному листі, що свідчить про багатий мінеральний склад.

Листя амаранту багаті мінеральними речовинами, склад золи яких характеризується переважанням калію, магнію, кальцію та фосфору, а також мікроелементів (B, Si, Mg, Mn, Ti, Zn та Fe). В.М. Зеленков [50] встановив, що серед представників рослинного світу амарант є рекордсменом із накопичення кальцію. У листі його кількість у середньому становить 13% від сухої речовини. Вміст даного макроелемента перебуває у прямій залежності від фази розвитку рослини. Максимальне його накопичення листям амаранту спостерігалось в період цвітіння та початку утворення насіння з накопиченням його в листі 12,0 та 20,0 % відповідно. Особливість рослин амаранту до концентрації кальцію може бути пов'язана з двома явищами: по-перше, амарант відноситься до рослин, у яких у процесі вегетації накопичується велика кількість щавлевої кислоти, і для її нейтралізації утворюються оксалати кальцію; по-друге, в амаранті міститься велика кількість пектину, який, зв'язуючись з кальцієм, утворює пектини. Дослідникам належить з'ясувати справжню природу цього явища.

Сорти амаранту протягом вегетації мають різну тенденцію до накопичення кальцію. У період масового утворення генеративних органів (бутонізація) та в період воскової стиглості насіння амарант характеризувався максимальною кількістю кальцію. На початку вегетації та в період масового цвітіння рослин в амаранті відзначалася найнижча концентрація кальцію.

Аналізуючи насіння різних сортів амаранту, виявили відносно високий вміст кальцію, який у межах цих сортів амаранту відрізнявся незначно, за винятком сорту Рушничек (3,8 %), що приблизно на 1% вище порівняно з найбільш найпоширенішими сортами.

На цей час відомо, що з нормального функціонування організму водночас із кальцієм необхідний кремній, що має значення для правильного обміну

речовин. У листях амаранту кількість кремнію досить висока, загальний вміст його знаходиться в межах 1,69...1,77%. Причому понад 50% його перебуває у пов'язаному стані з органічними компонентами (ліпідами, білками, клітковиною). Кількість органічного кремнію становить 1,27...1,31%, полімерного – 0,30...0,32 та розчинного – 0,12...0,14% від сухої речовини.

Отже, амаранту властиві високі концентрації таких макроелементів як магній, кальцій, фосфор, залізо, марганець, мідь і цинк. Це показує перспективи застосування амаранту як джерела біогенних мінеральних елементів при складанні раціонів для сільськогосподарських тварин та профілактики захворювань, пов'язаних з їх дефіцитом.

**Вітамінна поживність та антиоксидантна активність.** Вітаміни для організму тварин не є постачальником енергії та не мають суттєвого пластичного значення. Проте їм приділяється найважливіша роль в обміні речовин. Вітаміни поділяють на жиророзчинні та водорозчинні. Амарант є джерелом обох груп вітамінів. Велику цінність представляє листя, яке містить більше вітамінів В, С і Е (саме  $\alpha$ -токоферол) порівняно з іншими овочевими культурами. В різних сортів амаранту кількість аскорбінової кислоти неоднакова й знаходиться в межах: у суцвіттях – 16,28...46,20 мг%, у стеблах – 7,9...38,5 та у листі – 21...70 мг% (у свіжій масі). Вміст аскорбінової кислоти досягає 443 мг% від сухої речовини.

В. Ф. Громова та ін. [51], вивчаючи вміст вітаміну С в амаранті, виявили значні відсоток аскорбінової кислоти. Однак у кількісному співвідношенні за рівнем її суттєвих відмінностей між сортами не виявлено. Амарант містив до 300 мг% аскорбінової кислоти, водночас як відоме джерело вітаміну С смородина – 200...400 мг%. У всіх сортів амаранту закономірність накопичення аскорбінової кислоти має під час вегетації абсолютно схожий характер: мінімальний рівень вітаміну С спостерігали на початку та наприкінці вегетації. А найвище його накопичення припадало на період масової бутонізації рослин.

У насінні амаранту вітамінний комплекс (рибофлавін, тіамін, фітін, ніацин) в основному зосереджений у зародку насіння. Однак у насінні амаранту



концентрація зазначених сполук, за винятком рибофлавіну, нижча, ніж в інших зернових культурах.

Каротиноїди – жовті пігменти хлоропластів є тетратерпенами, вуглецевий скелет яких побудований із восьми (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>)-одиниць. Каротиноїди в організмі людини мають велике значення, вони є вихідною речовиною, з якої утворюються вітаміни групи А, і сприяють нормалізації зору. Каротин амаранту, в основному, складається з β-форми. Усі зразки й сорти амаранту мають досить високий вміст каротиноїдів, який залежить від фази розвитку та знаходиться в межах від 46 до 90 мг на 100 г сухої маси. Максимальна кількість відзначалася у *A. cruentus* (К-388), *A. lividus* (К-57), мінімальна - у *A. mantegazzianus* та *A. Caudatus*.

Отже, період від початку бутонізації до початку цвітіння рослин є найбільш обґрунтованим часом для збору листя амаранту, збагаченого вітаміном С. У цей час молоде листя його володіє максимальною кількістю аскорбінової кислоти.

**Антиоксиданти (АТ)** – це біологічно активні речовини, здатні гальмувати окиснення органічних сполук і захищати клітини організму від руйнівної дії вільних радикалів. У клітинах рослин, тварин та людини антиоксиданти інактивують кисень без утворення токсичних сполук [52]. Природні антиоксиданти поділяються на жиро- та водорозчинні. Амарант є джерелом обох груп антиоксидантів, насамперед вітамінів.

За даними А. В. Молчанова, В. Ф. Пивоварова [53], мінімальна кількість водорозчинних антиоксидантів спостерігалася у фазі вегетативного наростання, а максимальна – при дозріванні насіння. Вони рекомендують для отримання продукції, багатой на антиоксиданти, збирати листи амаранту у фазі вегетації, а сировину для виробництва БАД заготовляти в період дозрівання насіння. Проте сумарний вміст антиоксидантів у 2010 році був у два рази вищим, ніж у 2009 р. Це можна пояснити тим, що в умовах ґрунтової посухи та високої температури повітря рослинні клітини для захисту від окисного стресу синтезують більшу кількість антиоксидантів.

**Вміст вторинних метаболітів.** В рослинах у результаті вторинного чи спеціалізованого обміну утворюється більшість лікарських речовин природного походження. Вторинні метаболіти утворюються на відгалуженнях основних метаболічних шляхів, тим самим відрізняються від первинних. Вони можуть утворюватися в одних видах і відсутні в інших через свою таксономічну приналежність й екологічну спеціалізацію. Побічні метаболіти є речовинами спеціалізованого обміну. Це велика група сполук різної хімічної природи: алкалоїди, фенольні сполуки, терпени й терпеноїди, глікозиди, ефірні олії та багато інших, які в даний час відкриті й описані, їх налічується понад 10000.

У результаті дослідження біохімічного складу амаранту, виявили різноманітності вторинних метаболітів, серед яких у великій кількості присутні алкалоїди, фітоаглютеніни, флавоноїди, стероли, речовини, що володіють діуретичною активністю, та ауксини. У народній медицині при лікуванні різноманітних захворювань використовують амарант у зв'язку з наявністю в ньому цих сполук.

**Алкалоїди.** Алкалоїди є групою азотовмісних органічних сполук, найчастіше рослинного походження, переважно гетероциклічної форми, що мають цінні фармакологічні властивості. Однак досі недостатньо вивчені алкалоїди амаранту. Вони зазвичай знаходяться в тканинах, що активно ростуть, у вигляді солей неорганічних й органічних кислот, розчинені в клітинному соку й накопичуються в основному в листі.

Встановлено, що листя амаранту містять дегідроіндольні алкалоїди або беталаїни, які є єдиною групою алкалоїдів, що мають яскраве забарвлення. У рослинах при їх біосинтезі попередниками є пролін і тирозин. Бетаціанін, що міститься в приквітниках амаранту, волоті й листі, назвали амарантином. М.С. Гінс (2002) довів, що молекула амарантину ( $C_{29}H_{31}N_2O_{19}$ ) складається з вуглеводної частини (молекул глюкози й глюкуронової кислоти) та фіолетово-червоного аглікону (дегідроіндольного кільця, з'єданого двовуглецевим зв'язком із дегідперерідіновим кільцем). Амарантин – розсипчастий порошок темного червоно-фіолетового кольору з металевим блиском. У листі амарантин

присутній у трьох формах: у зв'язаній із білком або пектином, видобуваємії водою або розведеними спиртовими розчинами, та вільною. Амарантин термостабільний до 80° С, що робить його придатним у якості харчового барвника, нестабільний у розчинах із високими значеннями рН і добре розчиняється у воді та водно-спиртових розчинах. У листі загальна кількість амарантину становить 3,8-5,2% від сухої речовини. А в одній рослині амаранту в середньому знаходиться 12 мг амарантину. Найбільшою кількістю амарантину відрізняються червонофарбовані овочеві форми амаранту – від 15,0 до 24,6 мг/г сухого листа.

Амарантин, отриманий із листя амаранту, унікальний антиоксидант, здатний у невеликих концентраціях інгібувати окисні процеси у водному середовищі й гальмувати утворення ліпідних радикалів.

Алкалоїди амаранту мають фунгіцидні й антибактеріальні властивості. Обробка насіння водним екстрактом амаранту знижує ступінь зараження грибною мікрофлорою в середньому на 45-60%.

**Флавоноїди.** У 1977 році вченими з листя амаранту були виділені й ідентифіковані такі флавоноїди, як трєфолін, кверцетин і рутин. У рослинах флавоноїди локалізуються головним чином у квітках, листі й плодах, рідше – у коренях і стеблах, вміст їх у рослинах коливається від 0,5 до 30 %

Амарант є багатим джерелом біофлавоноїдів, акумуляцію яких у молодому листі, що розвивається, можна збільшити при обробці насіння й рослин амаранту природними біопрепаратами, особливо Аміроселом, створеним на основі амаранту.

Рутин (відомий як вітамін Р) є цінним лікарським препаратом, що має здатність знижувати крихкість капілярів. Листя гречки посівної та квітки софори японської служать для отримання рутину і є основним джерелом сировини.

Вміст рутину, що перебуває переважно в листі, залежить від виду рослини й знаходиться в межах від 0,2 до 3,1%. У листі й суцвіттях *Amaranthus cruentus* L. вміст рутину становить відповідно 0,43 та 0,58% від маси сухої

речовини. Встановлено, що поступове накопичення рутину в листі амаранту йде в міру розвитку рослини й досягає максимуму у фазу цвітіння, а потім у фазу плодоношення різко падає.

Флавоноїди підвищують резистентність капілярів, нормалізують вуглеводно-фосфатний обмін і сприяють більш ефективному використанню аскорбінової кислоти організмом тварин. Під дією флавоноїдів відбувається стимуляція синтезу білка в організмі тварин та людини.

**Леткі та інші речовини.** Леткі речовин, виділені з листя *A. retroflexus* L., представлені спиртами, альдегідами, кетонами, ефірами та вуглеводами. М.К. Kim, M.S. Lee [54] у надземній частині *A. mangostanus* L. виявили 56 летких компонентів, серед них 5 ефірів, 15 спиртів, 8 кетонів, 13 альдегідів, 9 кислот, 3 вуглеводні та 5 змішаних компонентів. Склад летких речовин, виділених із насіння *A. palmeri*, практично не відрізняється від складу сполук, виділених із листя та стебел [55].

D. Strack et al. [56] з амаранту виділили такі фенолкарбонові кислоти: кофеїлізолімонну, *n*-кумарілізолімонну, ферулолізолімонну.

Отже, наведені дані свідчать про багатогранний спектр біологічно активних речовин у надземних частинах амаранту, тому оцінювати його повинні не за одним або двома компонентами, а комплексно або за групами біологічно активних речовин. За рахунок своїх біологічних характеристик амарант цікавіший, ніж найближчий конкурент – соя, а виробництво білкових продуктів з амаранту менш витратне, ніж із сої. Амарант має всі можливості стати однією з основних харчових і кормових культур нашої країни.

Широкий спектр використання амаранту обумовлений вмістом у насінні та різних частинах рослини великої різноманітності біологічно активних речовин, що відносяться до різних класів хімічних сполук.

Аналізуючи хімічний склад амаранту, необхідно відзначити надзвичайну пластичність рослини, яка обумовлює великі розбіжності даних щодо хімічного складу залежно від віку рослини в момент збирання врожаю, сорту, клімату.

За даними R. Rodal [57], в амаранті кількість антипоживних речовин не перевищує їх рівень в інших кормових культурах, а за термічної обробки більшість їх руйнується.

## РОЗДІЛ 2

### АМАРАНТ – ЦІННА КОРМОВА КУЛЬТУРА

#### 2.1. Використання амаранту в годівлі сільськогосподарських тварин

Амарант належить до високоврожайних високобілкових культур. Унікальність рослини полягає ще й у тому, що, на відміну від інших сільськогосподарських культур, вона витрачає найменше води на утворення 1 г сухої речовини (амарант – 260 г, просо – 300 г, кукурудза – 370 г, ячмінь – 520 г, пшениця – 550 г, соняшник – 600 г, жито – 630 г, конюшина – 640 г, квасоля – 700 г, люцерна – 840 г), що робить її перспективною для вирощування в зоні недостатнього й нестійкого зволоження.

Зелена маса амаранту, урожайність якої в умовах помірного клімату може становити 1000 ц/га і більше, відрізняється високою поживною цінністю і збалансованістю за амінокислотним складом, що відкриває широкі перспективи у використанні зеленої маси та продукції з неї у тваринництві.

Зелені корми залучають дослідники як джерело біологічно активних речовин, протеїну й вітамінів. Включення в раціон нових нетрадиційних культур є одним із шляхів підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин, тому що не тільки вони мають високу поживність, лікувальні й смакові властивості, але й продукти їх переробки. У літературі серед таких культур згадуються ріпак, топінамбур, амарант, чебрець, тритикале та ін.

Для збагачення корму вітамінами вчені пропонують використовувати сік рослин і силос. Дослідженнями встановлено, що при заміні м'ясо-кісткового борошна й соняшnikової макухи на ферментовану суміш тритикале, ріпаку й люпину в раціонах відлучених поросят збільшувалися прирости живої маси на 13,8-47,3%. Препарат, отриманий із люцернового сіна, підвищував збереження птиці, масу бройлерів і несучість курей-несучок. Є дані про використання у свинарстві ріпакової макухи й чебрецю (тім'яну) як фітогенної кормової добавки. Учені вважають, що листя рослин є найкращим джерелом вітаміну К.

Серед інших кормових рослин амарант пропонується як цінна сировина для кормовиробництва [58-60 ].

Для збільшення продуктивності сільськогосподарських тварин і поліпшення їх виживання рекомендується включати амарант до складу раціонів. У дослідях на вівцях, проведених Л.С. Прокопенко та ін. [61], показано, що максимальна перетравність сухої речовини зеленої маси амаранту досягає 76%, а сирого протеїну - може перевищувати 72%.

Для оцінки поживної цінності амаранту було проведено ряд досліджень на лабораторних тваринах. Тест на токсичність, проведений на щурах, показав, що амарант не викликає серйозних порушень фізіологічних процесів. Результати свідчать про те, що включення амаранту в раціони знижує кількість холестерину в печінці та в сироватці крові. Встановлено, що амарант, збагачений залістим фумаратом, є найкращим біологічно доступним джерелом заліза для лабораторних щурів. Внаслідок згодовування насіння амаранту в раціонах кролів виявили зміни функцій серцево-судинної системи, що свідчили про посилення кровотоку, зумовленого підвищенням інтенсивності обмінних процесів в організмі [62, 63].

Збільшення виробництва кормів і правильне їх використання – одна з найважливіших проблем сучасного сільськогосподарського виробництва. Зміцнення кормової бази в найближчі роки має здійснюватися не тільки за рахунок розширення посівних площ під кормові культури, а переважно за рахунок підвищення їхньої врожайності й поживної цінності. На сьогодні кукурудза є найпоширенішою у світі кормовою культурою. Однак у посушливі роки врожайність її нестабільна. Крім того, зелена маса кукурудзи має низьку забезпеченість протеїном. Підвищити якість силосу та вміст у ньому протеїну можна шляхом використання спільних посівів кукурудзи з амарантом [64, 65].

Під час збирання амаранту на силос рекомендують скошувати його у фазу молочно-воскової стиглості зерна. Є напрацювання з силосування амаранту разом з іншими рослинами, що легко силосуються: кукурудзою, соняшником, люпином, сорго-суданським гібридом [66,67]. За даними досліджень,

проведених М. Г. Чабаєвим, А. Н. Асташовим [68], використання змішаного силосу з кукурудзи й амаранту при відгодівлі великої рогатої худоби дозволяє економити концентровані корми. У змішаному силосі відзначають підвищення на 20% кількість сирого протеїну. Під час силосування амаранту разом із сорго значно зростає забезпеченість однієї кормової одиниці перетравним протеїном. Є також рекомендації щодо силосування амаранту з культурами, що не силосуються: соя, люцерна. Присутність в амаранті фітонцидних й антимікробних сполук дозволяє підвищувати якість силосу та покращувати його збереженість [69].

Амарант має значення як кормова культура, так як годиться на зерно, випас, зелену підгодівлю та силос. Зерно амаранту – цінний корм для домашніх птахів. Велика рогата худоба та свині споживають зелену масу й силос. Силос, приготовлений з амаранту, має приємний яблучний запах.

Відзначається, що згодовування молодняку великої рогатої худоби силосу з цукрового сорго, приготовленого в суміші з такими високобілковими кормовими культурами як амарант, люпин, буркун білий у співвідношенні компонентів 1:1 забезпечувало збільшення м'ясної продуктивності порівняно з раціоном, з вмістом силосу із сорго у чистому вигляді. При цьому середньодобові прирости живої маси збільшувалися на 91-102 г, а витрати корму на 1 кг приросту знижувалися на 0,80-0,87 ЕКО.

При згодовуванні змішаного силосу дійним коровам і молодняку великої рогатої худоби спостерігається значне збільшення продуктивності (надоїв, жирності молока, приросту живої маси), підвищення перетравності поживних речовин, поліпшення біохімічних показників крові, зниження витрати кормів та отримання додаткового прибутку [71].

Як зазначають В. К. Гурин, И. В. Яночкин [72], добавка зерна амаранту в раціон телят викликає збільшення приросту живої маси, підвищує кількість формених елементів та вміст гемоглобіну крові, а також збільшує концентрацію білка плазми.



У дослідженнях впливу кормів з амарантів на молочну продуктивність і жирність молока встановлено добру силосуємість кукурудзи з амарантом або люпином і можливість отримання доброякісних кормів. Комбінований силос мав приємний запах, жовтувато-зелений відтінок, структуровану силосну масу, що добре збереглася. Активна кислотність змішаних силосів знаходилася на рівні кукурудзяного й дорівнювала 4,0-4,2. З органічних кислот у всіх силосах переважала молочна кислота, що в кукурудзяному силосі становила 78%, у силосі з кукурудзи в суміші з амарантом – 73, і з люпином – 76% від суми всіх кислот. Для порівняння продуктивної дії силосів, що вивчалися сформували дві контрольні групи тварин, першій з яких згодовували комбісилос амаранту з кукурудзою, а другій – лише кукурудзяний силос. Надій у першій контрольній групі перевищив надій у другій групі на 24,9%, збільшення жирності молока склало 0,12% порівняно з другою групою, а вміст білка в молоці першої групи виявився на 0,25% вищим, ніж у другій. За органолептичними показниками молоко корів першої та другої групи не різнилося.

У проведених експериментальних дослідженнях показано, якщо згодовувати зелену масу амаранту (до 25% від інших кормів), поросята ростуть у 2,5 рази, а курчата – значно швидше, у корів і кіз підвищуються надої та жирність молока. Велика кількість вітаміну С та каротину робить корм з амаранту особливо цінним, знижуючи захворюваність тварин і птиці.

Під час годівлі корів зеленою масою амаранту отримують підвищення жирності молока на 0,2%.

Згодовування молодняку великої рогатої худоби кукурудзяно-амарантового, сорго-амарантового й амарантового силосу в кількості 51...58% від загальної поживності раціонів забезпечило збільшення середньодобових приростів на 18,1...26,2% порівняно з групами тварин, яких годували тільки кукурудзяним силосом. Водночас м'ясо бичків, що отримували амарант, було найкращої якості. Для збільшення молочної та м'ясної продуктивності великої рогатої худоби та зниження витрат кормів на одиницю продукції рекомендується включати до раціонів тварин амарантовий, кукурудзяно-

амарантовий і сорго-амарантовий силос в обсязі 30...35% від загальної кількості кормів, а при відгодівлі молодняку великої рогатої худоби – 51...58% від сумарної поживності корму [72].

Результати досліджень, проведених в Університеті Адо-Екіті (Нігерія), показали, що, незважаючи на більш високу концентрацію білка в амаранті вирощеного на південному заході Нігерії, корми з кукурудзи краще перетравлювалися західноафриканськими карликовими вівцями, ніж амарантові корми або їх суміш із кукурудзою.

Споживання сухої речовини було однаковим серед висушених на сонці кормів, але вищим у силосі з кукурудзи, ніж у силосі з амаранту або в кукурудзяно-амарантовій силосній суміші.

Але головний висновок досліджень свідчить: з огляду на більш високу концентрацію білка, амарант має потенціал для доповнення кукурудзи в якості сухого корму для жуйних тварин, якщо будуть усунуті фактори, що обмежують його використання.

Тут необхідно зауважити, що величезне значення має те, які саме сорти амаранту досліджувалися. Адже не секрет, що кормові сорти амаранту в нашій країні і в Африці – абсолютно різні. Тому дане дослідження не варто приймати, як істину в останній інстанції для нашої країни, але природно, вона дає певну інформацію для роздумів [73].

У більшості досліджень, проведених на птиці, зерно амаранту використовувалося як кормова добавка. У результаті було встановлено, що включення зерна амаранту або борошна з нього, або використання його в суміші із зерном ріпаку в комбікорм птиці збільшує збереження поголів'я, викликає підвищення приросту маси курчат-бройлерів і знижує витрати корму на одиницю продукції. Добавка борошна з насіння амаранту до раціону курей-несучок за рахунок зміни жирнокислотного складу триацилгліцеридів покращує дієтичні якості яєць. Однак це супроводжується незначним зниженням яєчної продуктивності [74-76]. В інших дослідженнях [77], встановлено, що включення амаранту до раціону молодняку гусей викликає

збільшення швидкості росту на 9,4 %. У ряді досліджень [78] показано, що білкова паста з амаранту може бути використана при вирощуванні курчат-бройлерів, так як за продуктивною дією не поступається білковій пасті з люцерни. У роботі відзначено, що при згодовуванні пастоподібного гідролізату з рослинної маси амаранту збільшується збереженість поголів'я курчат, підвищуються прирости живої маси тіла та поліпшуються показники крові. В інших дослідженнях відзначають підвищення приросту маси тіла бройлерів при згодовуванні їм сінного борошна з вегетативної маси амаранту, висушеного на сонці [79].

У дослідженнях на перепелах проводили оцінку впливу зерна амаранту на їх організм у експериментальному стресовому стані за показниками продуктивності та ліпідного складу тканин у підшлунковій залозі. Встановлено, що згодовування подрібненого насіння амаранту перепелам на фоні нітратного навантаження викликає певні зміни у вмісті загальних ліпідів і співвідношенні окремих їх класів у тканинах підшлункової залози.

Стресове навантаження призводить до зниження вмісту загальних ліпідів і кількості неетерифікованих жирних кислот у тканинах організму. Згодовування насіння амаранту за дії стрес-фактора сприяє підвищенню вмісту загальних ліпідів. Також відмічається зниження вмісту вільного холестеролу та підвищення кількості його естерів, що вказує на формування адаптаційних механізмів в організмі. Як добавка до комбікорму насіння амаранту сприяє підвищенню живої маси та збереженості птиці [80].

У дослідженнях за згодовування перепелам комбікорму із насінням амаранту сорту «Ультра» (*Amaranthus Hybridus*) із розрахунку 10 % від складу комбікорму показано, що вміст загальних ліпідів у жовтку яєць не зазнає суттєвих змін [81]. Проте співвідношення окремих класів ліпідів зазнають певних змін, що зумовлено неоднаковим значенням окремих ліпідів у метаболізмі. Зокрема, відзначається вірогідне зростання вмісту триацилгліцеролів, які є основним і найбільш доступним енергетичним матеріалом, і зниження вмісту холестеролу на фоні підвищення вмісту його

естерів у жовтку яєць перепелів. Спостерігається достовірне зменшення гідропероксидів ліпідів і ТБК-активних продуктів, підвищення активності супероксиддисмутази та каталази в жовтках яєць перепелів.

Дослідженнями встановлено, що додавання до комбікорму 10% насіння амаранту забезпечило зростання середньодобових приростів перепелів за період досліду (1-70-а доба) на 17,5 % і підвищення адаптаційних можливостей організму перепелів, що сприяло збільшенню збереженості поголів'я на 7,5 % [82].

Для виготовлення білкових концентратів і білково-вітамінних добавок запропоновано технологію переробки зеленої маси амаранту. Нині із соку амаранту отримують екологічно безпечний білково-амінокислотний концентрат, у якому міститься до 70% протеїну, а лізину у складі білка – 9%. Для отримання вітамінів і лікарських препаратів використовують коричневий сік. Як білково-вітамінна добавка рекомендується використовувати жом, що отримується як побічний продукт, з якого можна виготовляти вітамінно-трав'яне борошно.

Інші автори запропонували спосіб отримання білково-вітамінної добавки шляхом комплексної хімічної обробки фітомаси амаранту в умовах механо-акустичного впливу в апаратах роторнопульсаційного типу. За даними [83] випоювання в перші дні життя курчатам-бройлерам екстракту з амаранту замість води викликає короткочасне підвищення поїдання корму, що призводить до збільшення середньодобових приростів живої маси в перші 2-3 тижні відгодівлі, та пролонговану стимулюючу дію, яка проявляється в підвищенні забійного виходу м'яса.

У вітчизняному кормовиробництві у 80-ті роки минулого століття було поширене використання трав'яного борошна, яке є джерелом протеїну, вітамінів і біологічно активних речовин. Включення трав'яного борошна до складу раціону годівлі різних видів сільськогосподарської птиці дозволяє отримувати вищі прирости живої маси молодняку та позитивно позначається на

продуктивності курчат-бройлерів і качок, підвищує виведення і збереження молодняку, знижує витрати корму на одиницю тваринницької продукції [84].

Широко рекомендують використовувати амарант при відгодівлі свиней [85, 86].

У дослідженнях [87] показано, що включення зерна амаранту замість пшениці в раціоні підсисних свиноматок підвищує інтенсивність росту поросят-сосунів на 5,5%, збільшує в крові кількість еритроцитів, концентрацію альбумінової фракції білка плазми крові та вміст гемоглобіну. Згодовування амаранту свиноматкам покращує їхню відтворювальну здатність і знижує витрати з розрахунку на одне порося. Використання в годівлі підсисних свиноматок зеленої маси амаранту підвищує молочність свиноматок, збільшує збереження поросят, встановлено, що підсвинки, які отримували у складі раціону амарант, краще перетравлювали протеїн та клітковину корму порівняно з тваринами, яким згодовували люцерну [88, 89].

Відтворювальна здатність кнурів-плідників залежить від кількості та якості згодованих кормів. Тому рекомендують при виготовленні комбікорму використовувати екструдовану амарантову дерть, замінюючи нею екструдований горох. Проведені експерименти довели, що використання в годівлі кнурів-плідників комбікорму з екструдованим зерном амаранту позитивно позначилося на кількісних та якісних показниках сперми: об'єм, концентрація, загальна кількість сперматозоїдів в еякуляті, їх рухливості, резистентність.

При вирощуванні молодняку й відгодівлі свиней рекомендують використовувати трав'яне борошно з амаранту. Проведені дослідження свідчать про те, що підвищення продуктивності тварин відбувається за рахунок поліпшення перетравності поживних речовин корму.

Результатами досліджень було встановлено, що хімічний склад вегетативної маси амаранту суттєво змінювався в залежності від фази вегетації (табл. 1).

## 1. Хімічний склад вегетативної маси амаранту залежно від фази розвитку

Фаза розвитку амаранту	Суха речовина, г/кг	Міститься в сухій речовині, %				
		протеїну	жиру	кліт-ковини	БЕР	золи
Стеблування	145,6	15,31	1,10	25,98	39,80	17,91
Початок викидання волоті	152,2	12,94	0,79	28,61	40,76	16,90
Початок цвітіння	210,5	12,94	1,56	29,34	42,27	13,89
Масове цвітіння	238,3	9,79	1,87	37,67	37,83	12,84

Отже, хімічний склад вегетативної маси амаранту суттєво змінюється залежно від фази вегетації

За збільшення вегетаційного періоду розвитку рослин спостерігається зростання вмісту сухої речовини з 145,6 г/кг в період стеблування до 238,3 г/кг в період масового цвітіння.

З огляду на наведені в таблиці 1 дані, можна стверджувати, що в міру розвитку рослин відсоток сирого протеїну в них поступово знижується з 15,31 до 9,79, що становить 36%, а відсоток клітковини, навпаки, весь час зростає. Особливо різко збільшується концентрація клітковини в період масового цвітіння. Знижується кількість золи в сухій речовині з 17,91% до 12,84%, або на 28,3%. Вміст безазотистих екстрактивних речовин в вегетативній масі амаранту по мірі проходження ним фаз вегетації суттєво не змінюється.

Істотний вплив на енергетичну поживність амаранту може мати вміст сирої золи в сухій масі корму. Зважаючи на дослідження, слід зауважити, що динаміка вмісту золи була протилежною динаміці накопичення сухої речовини. В останні фази вегетації, коли синтетичні процеси ідуть дуже активно, біогенні елементи відіграють важливу роль в активації процесів фотосинтезу органічної речовини, але по мірі зростання активності процесів фотосинтезу співвідношення між органічною речовиною й зольними елементами буде змінюватися на користь органічної речовини.

Внаслідок зростання вмісту сухої речовини у вегетативній масі амаранту кормових сортів спостерігається закономірне зниження концентрації протеїну, що свідчить про переважання швидкості синтезу вуглеводів і жироподібних речовин над швидкістю синтезу азотовмісних сполук і, особливо, над швидкістю синтезу й резервування у вегетативній масі білка.

Вегетативна маса амаранту характеризується досить високим вмістом сирого жиру. Концентрація його в розрахунку на суху речовину може зростати з 0,5 до 3,0%.

Не зважаючи на те, що амарант належить до рослин, що інтенсивно ростуть, процеси одеревіння вегетативної маси проходять досить швидко. У період росту, коли формуються справжні листки, на долю сирої клітковини припадає приблизно 25% сухої речовини, але після вступу рослин в фазу формування генеративних органів кількість клітковини різко зростає й може перевищувати в розрахунку на суху речовину 35-45%.

За схемою зоотехнічного аналізу всі вуглеводи (цукри й крохмаль, геміцелюлози, целюлоза й лігнін) об'єднуються й диференціюються у безазотисті екстрактивні речовини й сирі клітковину. Згідно з методикою Геннеберга і Штомана, у фракцію сирої клітковини після кип'ятіння в лузі та кислоти будуть входити вся целюлоза, незначна частина геміцелюлози і частина лігніну, але кількість геміцелюлози й лігніну буде залежати від фази розвитку рослин.

Зі свого боку, фракція безазотистих екстрактивних речовин буде представляти собою суміш крохмалю, цукрів, а також розчинної частини геміцелюлози й лігніну. Зважаючи на це, безазотисті екстрактивні речовини, які входять до складу органічної речовини амаранту, будуть мати складну залежність. Загалом можна вважати, що до початку цвітіння амаранту концентрація безазотистих екстрактивних речовин у складі органічної речовини кормових високорослих сортів амаранту буде пропорційно зростати, а потім закономірно зменшуватися.

З огляду на проведені балансові дослідження на валахах, можна стверджувати,

що в період формування вегетативної маси фаза вегетації амаранту впливала на споживання його тваринами (табл. 2).

## 2. Споживання вегетативної маси амаранту вівцями по мірі проходження фаз вегетації

Фаза розвитку	Натуральний корм			Суха речовина		
	задано, г	спожито, г	% споживання	задано, г	спожито, г	% споживання
Стеблуння	5000	5000	100	728	728	100
Початок викидання волоті	5000	5000	100	761	761	100
Початок цвітіння	5000	4954	99,1	1152,5	1037,8	98,6
Масове цвітіння	5000	4810	96,2	1191,5	1137,7	95,5

Результати дослідів на вівцях свідчать про те, що по періодах дозрівання вегетативної маси амаранту від початку цвітіння й до масового цвітіння спостерігається незначне зниження споживання вівцями корму як в натуральному виді на 0,9...3,8%, так і сухої речовини на 1,4...4,5%. Цей фактор обумовлений тим, що в більш пізній фазі розвитку (масове цвітіння) амарант містить більше сухої речовини та клітковини в порівнянні з фазами стеблуння та початку цвітіння.

Отже, на основі одержаних результатів вивчення хімічного складу рослин та спостереження за споживанням корму валахами, зроблено висновок про доцільність вирощування амаранту на зелений корм у багатьох регіонах Центрального Лісостепу України. Водночас доцільно використовувати його в годівлі тварин у період проходження фаз стеблуння, початку викидання волоті та початку цвітіння.



## **2.2. Амінокислотний склад і перетравність поживних речовин вегетативної маси амаранту залежно від фази розвитку**

Амінокислотний склад кормів почали вивчати порівняно недавно. Перша брошура «Амінокислотний склад кормів» була видана в 1962 році І. С. Поповим, у якій він узагальнив вітчизняні й зарубіжні дані. У 1965 році ці таблиці були видані за доповненням В. Н. Баланова і включили результати досліджень ще 200 зразків кормів.

Найбільш повний довідник щодо амінокислотного складу кормів був виданий М. Ф. Томме та Р. В. Мартиненко в 1972 році, у 1973 році вийшла книга «Хімічний склад і перетравність кормів», у якій були узагальнені результати досліджень амінокислотного складу кормів науково-дослідним інститутом тваринництва Лісостепу і Полісся УРСР. У цих роботах було зазначено, що може мати місце залежність амінокислотного складу від сорту, умов вирощування, способів підготовки кормів.

Л. Зінченко, А. Фролова також відзначають порівняльну лабільність амінокислотного складу кормів. Автори звертають увагу на зміну вмісту амінокислот у кормах у процесі їх зберігання. Навіть дефіцит вологи впливає на зміну амінокислотного складу кормів. Також відмічено вплив добрив на амінокислотний склад кормових трав і пасовищного корму [89].

На залежність амінокислотного складу протеїну від сорту, умов живлення рослин звертає увагу М.Г. Гамидов та ін. [90]. Різні сорти в межах виду, різні вегетативні органи рослин мають неоднаковий амінокислотний склад, що коливається. У рослин амінокислотний склад змінюється протягом доби.

На суттєву видову різницю щодо вмісту протеїну й амінокислот в кормових рослинах також звернули увагу. У різних видів посівних рослин вміст протеїну у фазу бутонізації і для кукурудзи у фазу викидання волоті коливався від 145 до 242 г в 1 кг сухої речовини, а у фазу цвітіння – від 120 до 181 г. У кукурудзі міститься менше гістидину і лізину, ніж в інших рослинах, проте багато дикарбонових амінокислот.

Проблема протеїнової поживності кормів нині переросла в проблему амінокислотної поживності. Цьому сприяв швидкий розвиток методів вивчення складу протеїну різних видів кормів і закономірностей використання тваринами протеїну й амінокислот, що входять до його складу [91].

Вивчаючи протеїнову поживність кормів, дослідники виявили, що тварини всіх видів і віку чутливі до нестачі в раціонах протеїну, а для тварин з однокамерним шлунком важливим є не тільки його рівень, але й якість.

Сорт амаранту Атлант з пурпуровим забарвленням листків має достатньо високу протеїнову поживність. З огляду на дослідження, можна стверджувати, що в початковій фазі розвитку, коли інтенсивно вегетує як листовою, так і стеблову масу, протеїн рослини представлений небілковими азотовмісними сполуками. У цей період у складі протеїну значну частку займають глутамінова й аспарагінова амінокислоти. Ступінь збалансованості за незамінними амінокислотами білків листя амаранту в початковій фазі вегетації була дещо нижчою, ніж у більш пізній фазі розвитку, коли фактично припиняється ріст рослин у висоту і починають формуватися генеративні органи (табл. 3).

Протеїн отави амаранту сорту Атлант за вмістом амінокислот був близьким до протеїну вегетативної маси першого відростання у фазу стеблуння рослин. На період цвітіння співвідношення амінокислот у білку досягло певної стабільності й в подальшому змінювалося до початку формування насіння.

Спостереження свідчать, що найбільша кількість листової маси накопичується до періоду фази цвітіння, коли слід збирати вегетативну масу амаранту для виробництва листового протеїну. Встановлено, що в період від фази стеблуння і до фази масового цвітіння йде поступове зниження протеїнової поживності, яка визначається двома факторами: поступовим зниженням вмісту протеїну й зниженням його перетравності.

Нашими дослідженнями встановлено, що протеїн амаранту сорту Атлант достатньо добре збалансований по незамінних амінокислотах.

**3. Амінокислотний склад амаранту сорту Атлант залежно від фази розвитку, % у протеїні**

Амінокислоти	Фаза вегетації			
	стеблування	початок викидання волоті	початок цвітіння	масове цвітіння
Лізін	5,4	6,0	6,7	6,9
Лейцин	7,0	7,6	7,8	8,1
Валін	5,2	6,1	6,7	6,8
Треонін	4,0	3,7	5,8	5,3
Ізолейцин	4,8	5,0	5,3	6,2
Фенілаланін	4,7	5,4	6,2	6,1
Тирозин	2,1	2,8	4,0	3,2
Аргінін	4,4	5,4	9,2	9,8
Гістидин	2,3	2,2	3,0	2,7
Метіонін	0,8	0,9	0,8	1,2

**4. Вміст амінокислот у різних частинах амаранту, % у протеїні**

Амінокислоти	Листя	Листостеблова маса
Лізін	6,5	6,5
Лейцин	8,7	8,7
Валін	6,3	6,2
Треонін	5,6	5,7
Ізолейцин	6,5	6,3
Фенілаланін	6,7	7,0
Тирозин	4Д	4,2
Гістидин	2,9	3,1
Метіонін	2,0	2,4
Цистин	0,9	1,0
Триптофан	1,5	1,4
Аргінін	6,0	6,8
Аспарагінова кислота	9,2	8,6
Глутамінова кислота	12,1	11,5
Гліцин	6,2	6,2
Серин	4,4	4,7
Аланін	7Д	6,7

Зважаючи на дані таблиці 4, слід зауважити, що істотної різниці в амінокислотному складі листостеблової й листової маси амаранту не спостерігається, при цьому концентрація лізину в протеїні становить 6,5%, метіоніну – 2,4%.

Відомо, що збільшення вмісту протеїну у вегетативній масі амаранту проходить не за рахунок зміни концентрації незамінних амінокислот, а за рахунок зміни вмісту гліцину й серину. Гліцин є унікальною амінокислотою активних білків із-за відсутності асиметричного атому вуглецю й лежить в основі великої кількості біохімічних реакцій. Метаболізм гліцину тісно пов'язаний із метаболізмом треоніну й серину в процесах включення амонію в обмінні процеси. Гліцин лежить в основі циклів утворення глутатіону, резервних білків, глюкози, ліпідів, а також пуринів.

Раніше було встановлено, що процеси синтезу протеїну пов'язані вмістом аспарагінової кислоти. Підвищення концентрації аспарагінової кислоти веде до зниження білковості корму.

Повноцінність білка визначається вмістом фенілаланіну, який є незамінною амінокислотою і входить до структури покривних тканин.

Ступінь, з якою речовини корму (протеїн, жир, клітковина, БЕР) перетравлюються в організмі тварини, є показником перетравності корму. Чим вища відносна частка перетравних речовин у кормі, тим вища їх перетравність і тим, як правило, якісніший корм. Звичайно, водночас із перетравністю корму важливе значення має якісний склад перетравної частини корму й співвідношення в ній життєво важливих факторів годівлі. Тому, як відзначає Г. Бурлаку [92], знання перетравності кормів і співвідношення в перетравній частині кормів окремих поживних речовин є основними елементами оцінки кормів.

За даними коефіцієнтів перетравності й вмісту в кормі перетравних поживних речовин можна говорити про енергетичну, протеїнову й вуглеводну поживність кормів. Так, якщо сумарний вміст енергії перетравних поживних речовин корму або раціону менше 67% валової енергії, то відбувається

поступове зниження продуктивного використання енергії кормів і протеїну, що в них міститься.

На перетравність поживних речовин, окрім рівня годівлі, суттєво впливають стать, вік, тип, а іноді і порода тварин. В певній мірі на перетравність впливають вид і сорт, кліматичні і агротехнічні умови вирощування рослин, фенологічна фаза, технологія заготівлі і зберігання, величина різки і подрібнення, структура і фізична форма корму, ступінь відповідності корму або раціону фізіологічній потребі тварини (збалансованість корму або раціону з його потребою).

Дані про перетравність поживних речовин вегетативної маси амаранту залежно від фази його розвитку вівцями наведені в таблиці 5.

### 5. Перетравність поживних речовин вегетативної маси амаранту вівцями,

**$M \pm m; n = 4$**

Фаза розвитку	Перетравність, %					
	сухої речовини	органічної речовини	протеїну	жиру	клітковини	БЕР
Стеблування	67,8±0,7	66,9±1,1	74,1±0,9	13,7±1,1	61,0±0,8	68,5±2,4
Початок викидання волоті	62,6±1,6*	60,8±3,3	68,0±1,8*	22,2±8,5	45,6±2,6**	83,6±1,9**
Початок цвітіння	61,7±2,8	63,4±2,8	73,0±1,5	48,5±5,8**	49,7±5,4	70,9±2,9
Масове цвітіння	57,8±3,0*	59,8±3,1	60,5±2,3**	32,8±3,7**	57,6±3,5	66,1±0,7

Примітка: \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,001$

З наведених даних таблиці 5 видно, що перетравність сухої речовини амаранту, починаючи з фази стеблування і до фази масового цвітіння знижується з 67,8 до 57,8% у зв'язку зі збільшенням вмісту клітковини в цілій рослині. Перетравність органічної речовини амаранту по фазах вегетації подібна перетравності сухої речовини, тобто зменшується по мірі старіння рослин, за винятком фази початку цвітіння. Коефіцієнти перетравності протеїну вегетативної маси амаранту знижуються з 74,1% у фазі стеблування до 68,0% у фазі початку викидання волоті. На початку цвітіння перетравність протеїну амаранту підвищується, а в період масового цвітіння — знижується до 60,5%.

Перетравність жиру вегетативної маси амаранту була найвищою в фазі початку цвітіння й складала 48,5%. В інші фази вегетації амаранту спостерігається підвищення перетравності жиру з 13,7% до 32,8%. Щодо перетравності клітковини амаранту, то тут виникає деяке протиріччя. Так, найвища перетравність клітковини нами відзначена у фазі до початку викидання волоті. У цей період вона становила 61%, загалом це не викликає великого сумніву, так як у цей час целюлоза залишається малолігнінофікована. У двох послідуючих фазах вегетації амаранту перетравність клітковини значно знижується до 45,6 та 49,7%. Цю депресію можна пояснити наявністю та формуванням розчинних вуглеводів, що, як відомо у жуйних, вона завжди пригнічує діяльність целюлозолітичної мікрофлори. У період масового цвітіння перетравність клітковини становила 57,6%, це пояснюється тим, що в цей період відбувається відтік вуглеводів до генеративних органів, що й призводить до підвищення перетравності клітковини.

Перетравність безазотистих екстрактивних речовин цільнорослинної вегетативної маси амаранту була на досить високому рівні.

Суха речовина є складовою різних за хімічним складом частин рослини: стебел, листя, суцвіть, насіння. Суха речовина є складовою різних за хімічним складом частин рослини: стебел, листя, суцвіть та насіння. Максимальна перетравність сухої речовини вегетативної маси амаранту вівцями може наближатися до 76%, таку перетравність можуть мати молоде листя амаранту й рослини у фазу 4-6 справжніх листків. По мірі старіння рослин спостерігається рівномірне зниження перетравності сухої речовини при щодобовому зниженні перетравності на 0,22%.

Перетравність органічної речовини амаранту в деякій мірі відрізняється від перетравності сухої речовини, це може бути тісно пов'язане зі складом сирої золи. У молодих рослинах, де біогенні елементи входять до складу органо- мінеральних комплексів, їх всмоктування повинно йти значно активніше, ніж асиміляція біогенних елементів із золи рослин, які фактично закінчили свій ріст.

Перетравність сирого протеїну вегетативної маси амаранту також знижується поряд зі зниженням перетравності сухої й органічної речовини, особливо різке зниження перетравності протеїну спостерігається з початком викидання волоті та початком цвітіння. Висока перетравність протеїну в період стеблуння пояснюється насамперед тим, що в цей період до складу сирого протеїну входить значна кількість амінного азоту, який представлений у переважній масі глютаміною й аспарагіною амінокислотами, які можуть активно всмоктуватися та включатися в основний обмін амінокислот.

Розрахунки показують, що у фазу стеблуння перетравність протеїну може перевищувати 72%, а у фазу воскової стиглості зерна, якої амарант сорту Атлант в умовах Центрального Лісостепу України досягає на 105 день вегетації, перетравність протеїну зменшується до 50%.

Перетравність клітковини вегетативної маси амаранту має досить складну динаміку. У першу половину вегетації, коли рослини інтенсивно приростали у висоту, за інтенсивного утворення пагонів другого й третього порядків, перетравність клітковини різко знижувалась. Що пов'язане зі зниженням фізіологічної активності в перших справжніх листків, які розпочали формуватися ще в першу та другу декаду вегетаційного періоду. У цей час значна частина вуглеводів представлена простими цукрами, що також негативно впливає на перетравність клітковини. Після вступу амаранту у фазу цвітіння й формування насіння розпочинається відтік вуглеводів до генеративних органів із поступовою трансформацією їх у крохмаль, геміцелюлозу та інші полімерні сполуки.

На основі даних, отриманих під час проведення балансових дослідів на вівцях, розраховано структуру перетравлених і неперетравлених органічних речовин.

У зарубіжній практиці останнім часом переходять на нові системи оцінки енергетичної й протеїнової поживності кормів. Це забезпечує підвищення продуктивності тварин і краще використання кормових ресурсів.

Наявна в країні до останнього часу оцінка поживності кормів у вівсяних

кормових одиницях не давала об'єктивного уявлення про їхні фактичні енергетичні цінності їх для різних видів і груп тварин.

З переведенням тваринництва на промислову основу виникло питання про необхідність перегляду показників потреби тварин з урахуванням оцінки поживності кормів за комплексом елементів. Окремими науковими закладами країни була розроблена нова система оцінки кормів. Принципова її різниця з наявною – заміна виміру «загальна поживність» у вівсяних кормових одиницях на енергетичну поживність, яка виражається в обмінній енергії (ОЕ).

За новою системою енергетична поживність одних і тих же кормів для різних видів тварин неоднакова. Грубі корми мають вищу поживність для жуйних, концентровані – для моногастричних.

З метою універсальності застосування нової системи оцінки запропоновано виражати енергетичну поживність кормів в енергетичних кормових одиницях (ЕКО). За одиницю прийнято 10 МДж обмінної енергії. За новою системою оцінки прийнято виділяти обмінну енергію великої рогатої худоби, овець, свиней, птиці, коней.

Для планування виробництва, розрахунків потреби й витрати кормів рекомендується застосовувати облікову енергетичну кормову одиницю (ОЕК0), яка для великої рогатої худоби дорівнює 10 МДж, овець – 10,6, свиней – 11,5, коней – 11,2 і для птиці – 11,5 МДж.

Вміст обмінної енергії в кормах і раціонах для кожного виду тварин залежить від багатьох факторів: технології заготівлі, підготовки до згодовування, зберігання та ін. Енергетична поживність кукурудзяного силосу третього класу в 1,5 – 1,8 разів нижче, ніж першого. Це повною мірою відноситься і до інших кормів.



## 6. Вміст кормових одиниць і перетравного протеїну у вегетативній масі амаранту

Фаза	Міститься в 1 кг			
	натуральний корм		суха речовина	
	кормових одиниць	перетравного протеїну, г	кормових одиниць	перетравного протеїну, г
Стеблування	0,11	16,4	0,76	112,6
Початок вики- дання волоті	0,10	13,4	0,66	88,1
Початок цвітіння	0,13	19,6	0,62	93,1
Масове цвітіння	0,12	13,6	0,50	57,1

Зважаючи на дані таблиці 6, можна стверджувати, що фаза вегетації в значній мірі визначає загальну поживність вегетативної маси амаранту. Поживність раціону знаходилась на рівні 0,55-0,60 кормових одиниць. Необхідно зазначити, що поживність 1 кг сухої речовини зменшувалась по мірі проходження фаз вегетації з 0,76 к. од. у фазу стеблування до 0,50 к. од. у фазу масового цвітіння, або на 34,5%.

## 7. Енергетична поживність вегетативної маси амаранту, МДж/кг

Фаза розвитку	Натуральний корм			Суха речовина		
	валова енергія	пере- травна енергія	обмінна енергія	валова енергія	пере- травна енергія	обмінна енергія
Стеблування	2,40	1,38	1,20	16,23	9,5	8,23
Початок викидання суцвіть	2,47	1,47	1,28	16,24	9,7	8,42
Початок цвітіння	3,56	1,98	1,72	16,9	9,4	8,19
Масове цвітіння	4,19	2,16	1,88	17,6	9,1	7,89

Дані таблиці 7 свідчать, що внаслідок наростання вмісту сухої речовини у вегетативній масі, зростає її енергетична поживність. Так, вміст валової енергії в 1 кг вегетативної маси амаранту з фази стеблування і до періоду масового цвітіння підвищується з 2,4 до 4,19 МДж. Спостерігається нарощування

концентрації валової енергії в сухій речовині з 16,23 до 17,6 МДж. Проте поживність сухої речовини у вегетативній масі амаранту закономірно зменшується. Вміст перетравної й обмінної енергії в 1 кг сухої речовини зменшується з 9,5 до 9,1 МДж і з 8,23 до 7,89 МДж відповідно.

З огляду на результати досліджень можна стверджувати, що вміст перетравної й обмінної енергії у вегетативній масі амаранту по мірі проходження ним фаз вегетації підвищується з 1,38 до 2,16 МДж і з 1,20 до 1,88 МДж.

Оцінюючи поживність кормів, водночас із енергією значну увагу звертають на вміст у кормі протеїну та ступінь його збалансованості за амінокислотами. У рослинах, які знаходяться в ранніх фазах росту, більша частина протеїну входить до складу ферментних систем, у більш пізні фази концентрація протеїну знижується у міру дозрівання насіння.

У процесі обміну речовин в організмі чільне місце займає обмін білків, де їх роль дуже різнобічна. Білки – матеріальна основа життя. Процеси, що складають у своїй сукупності обмін речовин, протікають у живих клітинах при безпосередньої участі білків як каталізаторів біохімічних реакцій.

Завдяки своїй складній структурі й наявності багатьох хімічно активних груп білкові молекули легко взаємодіють із речовинами різної хімічної природи, утворюють з ними комплекси різної міцності й таким чином включають їх в кругообіг обміну речовин. У білку міститься 16% азоту, але в білках амаранту, за даними Saunders R., Becker R. [93], Correa A. [94] міститься 18...19,6% азоту. Зважаючи на баланс азоту можна судити про білковий обмін в організмі тварин.

Частина протеїну, що поступає з кормом, разом з азотовмісними речовинами травних соків і клітин епітелію кишечника виділяється з каловими масами. Решта протеїну корму піддається різним перетворенням і, окислившись, або виділяється з сечею, або відкладається в тілі. Азот, що утримується у тілі, частково іде на відновлення втрачених із калом азотних речовин травних соків і клітин епітелію, а частково може бути відкладений у

тілі у формі тканини м'язів або виділений з молоком. Азот, що утримався в тілі, та азот, що виділився, завжди дорівнюють кількості азоту, отриманого з кормом.

Визначення балансу азоту в овець проводили одночасно з визначенням перетравності вегетативної маси амаранту.

Середньодобовий баланс азоту в овець при згодовуванні вегетативної маси амаранту наведено в таблиці 8.

Зважаючи на дані таблиці 8, можна стверджувати, що баланс азоту в овець при згодовуванні вегетативної маси амаранту був позитивним. Найбільше утрималось азоту в тілі тварин під час споживання амаранту у фазі початку цвітіння – 7,88 г, найменше – у фазу початку викидання волоті – 2,06. Але такий перепад у рівні засвоєння азоту важко пояснити. Не виключено, що це пов'язано з корінною перебудовою структури органічних сполук, з початком формування генеративних органів і зміною фізико-хімічних властивостей. Цей висновок може підтвердити подальше зростання рівня виділення азоту з калом. Так, якщо у фазу стеблування з калом виділялося 28% азоту від прийнятого, то у фазу масового цвітіння – вже 37% азоту.

Значна частина азоту виділялася із сечею. Порівняно близький рівень виділення азоту із сечею в наступних один за одним періодах обліку свідчать про те, що повноцінність протеїну вегетативної маси амаранту протягом усіх фаз розвитку була близькою. Проте в ранні фази розвитку, тобто у фазу стеблування та початку викидання волоті, його повноцінність була нижчою в порівнянні з фазами початку цвітіння та масового цвітіння.

8. Баланс азоту в овець при згодовуванні зеленого корму з амаранту ( $M \pm m$ ;  $n = 4$ )

Фаза вегетації	Прийнято з кормом, г	Виділено в калі, г	Перетравилося, г	Виділено з сечею, г	Утрималося в тілі		
					г	% від прийнятого	% від перетравленого
Стеблуння	17,83±0,40	4,91±0,27	12,85±0,22	8,68±0,56	4,17±0,72	24,4±2,20	32,5±2,80
Початок викидання волоті	15,76±0,35	4,89±0,37	10,87±0,37**	8,81±0,50	2,06±0,37*	13,1±1,90	19,0±3,90*
Початок цвітіння	21,52±0,90	5,54±0,24	15,98±0,21***	8,10±0,24	7,88±0,44**	36,6±2,20	49,2±3,70*
Масове цвітіння	18,23±0,13	6,47±0,12	11,49±0,14**	8,10±0,37	3,39±0,25	18,6±1,40	29,5±2,50

Примітка: \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,001$ ; \*\*\*  $P \leq 0,0001$

### **2.3. Хімічний склад зерна амаранту залежно від способів підготовки його до згодовування**

Водночас із використанням вегетативної маси амаранту розглядається можливість використання його зерна в годівлі сільськогосподарських тварин і птиці. Зернові корми є головним джерелом енергії й протеїну, вони характеризуються високим споживанням тваринами та високим рівнем перетравності поживних речовин. За інтенсивного ведення деяких галузей тваринництва концентровані зернові корми складають основу раціону.

Зерно злакових культур містить 50% крохмалю – цінного енергетичного компоненту, але воно недостатньо збалансоване за вмістом протеїну, тому має невисоку продуктивну дію. Зерно бобових, окрім крохмалю, містить багато білка, який добре перетравлюється в кишково-шлунковому тракті. За згодовування зерна бобових культур жуйним тваринам розчинний білок, що складає значну частку від загальної кількості протеїну, руйнується в рубці мікроорганізмами. Крім того, зерно бобових культур містить шкідливі речовини для організму тварин, тому виникає необхідність згодовувати його після попередньої вологотермічної обробки.

Змінити нативні властивості білка, розщепити крохмаль до більш простих для засвоєння речовин, знешкодити антипоживні речовини з метою значного підвищення поживності зерна можливо за використання різних способів підготовки його до згодовування.

Саме волого-термічна підготовка зерна до згодовування підвищує його поїдання й перетравність, покращує смакові якості, корм збагачується легкодоступними речовинами, руйнуються антипоживні речовини [95].

Нині використовуються механічні, теплові, біологічні й хімічні способи підготовки кормів до згодовування.

Переробки зерна поділяє технологічні процеси на два види: сухий і вологий. Під сухою обробкою розуміють подрібнення до борошна та дерті, плющення, екструдкування, гранулювання, підсмажування, мікронізацію.

Волога обробка - це нагрівання під тиском, плющення під парою, флакування під парою, відновлення вологості, запарювання, пророщування. У дослідженнях ми використовували зерно амаранту, яке піддавалось прожарюванню, екструдуюванню й подрібненню.

Подрібнення – найпростіший і найдоступніший кожному господарству спосіб, у результаті якого руйнуються оболонки, якими вкриті зерна злакових і бобових культур та подрібнюється ендосперм зернівки, що збільшує поверхню контакту кормової маси з травними соками, внаслідок чого підвищується перетравність і використання поживних речовин, а також зростає його споживання [95].

Ступінь подрібнення зерна впливає на кількість і ферментативну активність травних соків, швидкість проходження корму через різні відділи шлунково-кишкового тракту, а отже, і на перетравність поживних речовин і продуктивність тварин.

Продуктивність свиней значною мірою залежить від модуля подрібнення зерна. Встановлено, що свині краще використовують дерть тонкого помелу [96].

Прожарювання зерна ґрунтується на інтенсивному нагріванні його сухим повітрям, під дією якого відбуваються фізико-хімічні зміни в структурі зерна. Водночас значно зростають поживність, засвоюваність та інші показники. Підсмажування надає зерну приємного смаку, кольору й аромату, що сприяє його кращому поїданню. На ступінь декстринізації крохмалю під час нагрівання великою мірою впливають вихідна вологість зерна, тривалість обробки й температура нагрівного агента.

Найвища ступінь декстринізації крохмалю відбувається під час нагрівання зерна ячменю вологістю 20-25% і наступного підсмажування за температури 250°C протягом 2,5 хвилин. Вміст сирого протеїну за такої обробки не змінюється. Підвищення температури під час підсмажування кукурудзи від 80 до 104°C впливає на вміст перетравної й обмінної енергії і значно підвищує засвоєння азоту свиньми, що ростуть. Підсмажування зерна за

температури 124°C зменшує доступність лізину на 11% [95].

Екструдювання кормів - це їх біотермічна обробка на екструдерах із метою підвищення їх поживності та рівня засвоюваності. Сухе зерно вологістю 10 - 18% вводять в екструдер. Під дією сил тертя, тиску (28-30 атм.) і температури (150-180°C), що утворюються в екструдері, зерно спершу подрібнюється, потім перетворюється на високопластичну масу, а на виході з преса внаслідок різкого перепаду тиску вибухає. Під впливом механічних і барометричних факторів у зерні відбуваються фізико- хімічні зміни, які сприяють підвищенню поживності корму.

За рахунок руйнування крохмальних зерен і руйнування амілопектину й інших структурних змін у клітковині, значно зростає вміст декстринів і простих цукрів. Високий ступінь декстринізації продукту певною мірою свідчить про підвищення його доступності для травлення. Зміна властивостей крохмалю та його деполімеризація до декстринів і простих цукрів значно підвищують перетравність і засвоюваність цих речовин у кормі в цілому.

При екструдюванні ступінь клейстеризації крохмалю зростає від 11% у вихідному зерні до 70% в екструдюваному, декстринізації — від 1,5 до 11,5%. Перетравність екструдюваного зерна ячменю збільшується в 1,6 рази. Введення до раціонів тварин екструдюваного зерна сприяє підвищенню засвоюваності кормів, що збільшує середньодобові прирости на 5-10% і знижує витрати кормів на одиницю приросту живої маси на 9-10% [95].

При екструдюванні зерна кількість крохмалю в готовому продукті зменшується на 12,2%, тоді як кількість цукру збільшується на 14%, а декстринів збільшується більш ніж в 5 разів в порівнянні з вихідною зерноsumішшю. Перетравність сухої речовини комбікорму свинями збільшується з 81,8 до 83,9%, органічної речовини – з 83,3 до 85,2%, сирого протеїну з 73,7 до 78,2%, сирого жиру з 69,7 до 74,5% в порівнянні з необробленим комбікормом.

У процесі баротермічної обробки зерна відбувається денатурація білків – збільшується кількість важкорозчинних фракцій білка, підвищується доступність амінокислот білків, що поліпшує перетравність корму тваринами.

За даними автора сорту зернового амаранту Легінь В. Д. Бугаєва [97], цей сорт амаранту належить до середньостиглих (95-100 діб). Рослини середньорослі (130-160 см), стебло з антоціановим забарвленням, волоть прямостояча, напівстисла, червоно-фіолетового забарвлення; зерно кремового кольору, дисковидної форми з восковидною консистенцією. Вміст сирого протеїну в насінні 15,5-17%. Характеризується підвищеною насінневою продуктивністю —32-37 ц/га та покращеним амінокислотним складом білка насіння. Сорт придатний для використання на продовольчі й фуражні цілі. Рекомендується для вирощування в усіх зонах України.

Після підготовки зерна амаранту сорту Легінь до згодовування шляхом подрібнення нативного, прожареного зерна й екструдувannya було визначено його хімічний склад.

За даними А. А. Баби́ча та ін. [98] у протеїні нативного зерна амаранту міститься лізину – 4,64%, лейцину – 5,33%, валіну – 3,88%, треоніну – 4,70%, ізолейцину – 3,19%, фенілаланіну – 3,77%, тирозину – 2,9%, гістидину – 2,72%, метіоніну – 1,8%, цистину – 1,51%, аргініну – 10,78%, аспарагінової кислоти – 16,7%, глютамінової кислоти – 14,72%, гліцину – 12,23%, серину – 4,98%, аланіну – 2,78%.

### 9. Хімічний склад зерна амаранту

Спосіб підготовки до згодовування	Суха речовина, г/кг	Міститься в сухій речовині, %				
		протеї- ну	жиру	клітко- вини	БЕР	золи
Подрібнення	890,8	16,11	3,62	8,15	66,99	5,13
Прожарювання	905,1	16,42	4,47	9,88	64,42	4,81
Екструдувannya	910,4	15,65	3,82	9,41	65,26	5,86



З огляду на дані таблиці 9, у зерні амаранту міститься 16,11% протеїну, 3,62% жиру. Тому зерно амаранту Легінь за вмістом основних елементів живлення займає проміжне положення між бобовими й злаковими зерновими культурами, а за деякими – перевищує останні. Зокрема, за вмістом протеїну воно наближається до гороху, а за рівнем лізину – перевищує злаки майже в 1,5-2 рази. Багате зерно цього сорту й на вуглеводні компоненти.

Отже, термічна обробка зерна амаранту суттєво не вплинула на вміст в ньому поживних речовин.

#### **2.4. Перетравність свинями поживних речовин зернових раціонів із включенням зерна амаранту**

Хімічний склад кормів не дає повної уяви про їх поживність. Точніше визначити поживність корму можна лише в процесі вивчення його впливу на організм тварин. Одним із методів є визначення перетравності кормів. З цією метою нами було проведено ряд фізіологічних дослідів щодо визначенню перетравності основних поживних речовин раціонів, до складу яких вводили зерно амаранту різних способів підготовки його до згодовування. Зерном амаранту й прожареної сої заміняли горохову дерть за поживністю в кількості 80 та 20% відповідно. Добовий раціон згодовувався в два прийоми – вранці та ввечері у вигляді зволоженої кормосуміші. Результати дослідів із визначення перетравності поживних речовин і балансу азоту при згодовуванні раціонів із зерном амаранту наведені в таблицях 10, 11.

Включення зерна амаранту до зернових раціонів знизило коефіцієнти перетравності свинями основних поживних речовин раціону, а саме: на 4,2% знизилась перетравність сухої речовини, на 5% перетравність органічної речовини, на 5,4% перетравність клітковини. Проте необхідно зазначити, що при цьому збільшились коефіцієнти перетравності протеїну і жиру відповідно на 2,3 та 6,4%.

Згодовування прожареного й екструдованого зерна амаранту в складі

зернових раціонів знизило перетравність свинями протеїну і жиру раціонів, але водночас спостерігається тенденція збільшення перетравності сухої й органічної речовини та клітковини.

Результати фізіологічного дослідження показали, що баланс азоту в організмі свиней при згодовуванні раціонів з зерном амаранту, підготовленого до згодовування за різними технологіями, істотно не вплинув на перетравність та утримання азоту тваринами (табл. 10).

### 10. Перетравність свинями поживних речовин раціонів із включенням зерна амаранту

Характеристика раціону	Перетравність, %					
	сухої речовини	органічної речовини	протеїну	жиру	клітковини	БЕР
Зерновий, без амаранту (контроль)	85,9±2,9	87,4 ±2,7	77,7±3,2	41,8±1,8	57,6±4,3	93,5±0,6
З добавкою нативного подрібненого зерна амаранту	81,7±0,5	82,4±0,5	80,0±0,7	68,2±0,9**	51,2±0,4**	91,2±0,5*
З добавкою прожареного зерна амаранту	81,0±0,6	82,5±0,9	75,8±1,4*	47,4±1,8**	53,9±0,5	91,3±0,9
З добавкою екструдованого зерна амаранту	82,5±0,6	84,5±0,6	77,6±1,4	56,1±2,6*	53,5±0,3	92,8±0,4

Примітка: \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,001$ ;

Прожарювання й екструдювання зерна амаранту негативно не вплинуло на кількість перетравленого та виділеного азоту в порівнянні з використанням його в нативному подрібненому виді. Аналогічна тенденція відзначено й щодо кількості утриманого азоту в тілі свиней.

З огляду на результати дослідження, включення до складу раціону зерна амаранту підвищує виділення азоту з калом, це може говорити про те, що частина протеїну може бути тісно зв'язана з оболонками зернівок і має нижчу перетравність, ніж протеїн зерна фуражних культур. Про це також свідчить рівень перетравності азотовмісних сполук. Так, протеїн зернового раціону контрольної групи перетравлювався на 78,6%, а протеїн раціонів, які включали зерно амаранту - на 76%. Але виділення азоту з сечею явно підтверджувало, що рівень обезцінення амінокислот у процесі обміну був нижчим у тварин, які споживали раціони із зерном амаранту. Цей фактор, безумовно, вплинув також на утримання азоту в тілі тварин.

### 11. Баланс азоту у свиней при згодовуванні раціонів із зерном амаранту

Група	Характеристика раціону	Прийнято з кормом, г	Виділено в калі, г	Перетравилося, г	Виділено з сечею, г	Утрималося в тілі		
						г	% від прийнятого	% від перетравленого
1 - контрольна	зерновий, без амаранту	38,75±0,95	8,29±1,37	30,46±1,16	13,10±0,78	17,40±1,79	44,90±4,42	57,12±3,90
2 - дослідна	з добавкою прожареного зерна амаранту	41,61±1,09	10,10±0,76	31,51±0,73	12,60±0,44	18,91±1,40	45,45±3,67	60,01±3,91
3 - дослідна	з добавкою екструдованого зерна амаранту	40,92±1,45	9,40±0,49	31,52±5,58	12,60±0,68	18,92±1,38	46,24±2,43	60,02±2,47
4 - дослідна	з добавкою нативного подрібненого зерна амаранту	42,0±0,88	10,57±0,40	31,43±1,17	11,96±0,61	19,47±0,98	46,36±1,77	61,95±2,02

Більш високий рівень утримання азоту в тілі був у тварин, які отримували амарант. Це свідчить про кращу збалансованість його за вмістом амінокислот.

Водночас слід відзначити, що термічна обробка не вплинула на протеїнову поживність раціонів (табл. 12).

## 12. Поживність раціонів із зерном амаранту, підготовленим до згодовування за різними технологіями

Раціон	Поживність							
	раціону		1кг з'їденої СР		1 кг пере- травленої СР		1 кг заданого корму	
	к.од.	п.п., г	к.од.	п.п., г	к.од.	п.п., г	к.од.	п.п., г
Зерновий, без амаранту (контроль)	2,56	190,4	1,37	102	1,60	119	1,16	86,6
З добавкою нативного подрібненого зерна амаранту	2,54	197	1,40	104	1,63	134	1,15	89,6
З добавкою прожареного зерна амаранту	2,44	197	1,30	105	1,61	130	1,11	89,6
З добавкою екструдованого зерна амаранту	2,47	198	1,32	107	1,60	129	1,12	90,0

Примітка: СР - суха речовина; к. од,- кормові одиниці; п. п.- перетравний протеїн.

Дані таблиці 12 свідчать про те, що введення в раціони годівлі свиней подрібненого, прожареного й екструдованого зерна амаранту суттєво не впливає на енергетичну та протеїнову поживність раціонів і поживність з'їденої та перетравленої сухої речовини.

### 2.5. Продуктивна дія зерна амаранту

Науково-виробничий дослід щодо вивчення продуктивної дії раціонів, які включали подрібнене зерно амаранту, проводився на відгодівельному

молодняку свиней великої білої породи. Утримання тварин було груповим по 15 голів у станку. Корми згодовувалися у вигляді зволжених кормосумішей.

Основний раціон складався з дерті ячменю, пшениці, гороху, зеленої маси злаково-бобових трав і мінеральних добавок як в зрівняльний, так і в дослідний періоди. Різниця в годівлі свиней у дослідний період полягала в тому, що в раціонах тварин дослідної групи горохову дерть за поживністю замінили амарантовою дертю.

Під час дослідного періоду тварини в середньому споживали однакову кількість обмінної енергії, сухої речовини, метіоніну з цистіном, кальцію та фосфору. У дослідній групі рівень перетравного протеїну та лізину був нижчим, ніж у контрольній групі, але він знаходився в межах встановлених норм годівлі поросят із середньодобовим приростом 550 грамів. Заміна горохової дерті на амарантову в кількості 16% за поживністю в дослідній групі забезпечувала повноцінне за критичними амінокислотами живлення тварин.

Під час проведення науково-господарського дослідження щомісячно спостерігали за зміною живої маси піддослідних тварин шляхом проведення контрольних зважувань. Зміна живої маси піддослідних тварин наведена в таблиці 13.

Результати науково-господарського дослідження показали, що включення до складу раціонів свиней подрібненого зерна амаранту позитивно впливало на інтенсивність росту свиней при відгодівлі. Ця тенденція проявилася в тому, що тварини дослідної групи на кінець дослідного періоду мали більшу живу масу та достовірно вищий середньодобовий приріст. Затрати корму на 1 кг приросту живої маси свиней за період дослідження становили 6,07 кормових одиниць у контрольній групі та 5,67 кормових одиниць у дослідній групі.

**13. Жива маса та середньодобові прирости піддослідних тварин,  
( $M \pm m$ ;  $n = 15$ )**

Показники	Група	
	1 — контрольна	2—дослідна
Зрівняльний період		
Жива маса на початок періоду, кг	$38,9 \pm 0,89$	$38,8 \pm 0,55$
Жива маса на кінець періоду, кг	$52,9 \pm 1,19$	$53,0 \pm 0,96$
Тривалість періоду, днів	30	30
Середньодобовий приріст, г	$466 \pm 22$	$473 \pm 24$
Основний період		
Жива маса на початок періоду, кг	$52,9 \pm 1,19$	$53,0 \pm 0,96$
Жива маса на кінець періоду, кг	$105,3 \pm 2,56$	$109,6 \pm 1,97$
Тривалість періоду, днів	102	102
Приріст живої маси, кг	$52,4 \pm 1,6$	$56,6 \pm 1,1^*$
Середньодобовий приріст, г	$513 \pm 16$	$555 \pm 10^*$
% до контролю	100	108,2

Примітка: \*  $P \leq 0,05$

Для з'ясування впливу зерна амаранту на обмінні процеси в організмі піддослідних тварин, внутрішні органи травлення й фізико-біохімічні показники якості м'яса, був проведений контрольний забій чотирьох голів із кожної групи.

У результаті контрольного забою не встановлено негативного впливу зерна амаранту на забійний вихід, вміст м'яса в тушах, їх осаленості та масу кісток у тварин дослідної групи.

Визначення маси внутрішніх органів показало, що згодовування амарантової дерті в складі зернових раціонів не викликає у тварин дослідної групи фізіологічних змін в організмі (табл. 14).

Дані таблиці 14 дають нам можливість зробити висновки, що в показниках забою піддослідних тварин суттєвих відмінностей не спостерігається, що свідчить про можливість використання подрібненого зерна амаранту в годівлі свиней.

Водночас із зоотехнічними методами контролю існують біохімічні, які дають можливість за досить короткий час виявити порушення в організмі тварин. Виникають вони від різних умов, в тому числі і від неповноцінної годівлі.

Якщо умови зовнішнього середовища (годовля, догляд і утримання) відповідають обміну речовин в організмі тварин, то в таких випадках протягом багатьох років у них буде підтримуватися нормальний стан здоров'я, відтворювальна здатність і продуктивність.

**14. Показники забою та розтину туш піддослідних тварин,  
( $M \pm m$ ;  $n = 4$ )**

Показники	Група	
	контрольна	дослідна
Передзабійна жива маса, кг	106,5 ± 1,81	110,0 ± 0,58
Забійна маса, кг	81,8 ± 2,22	85,2 ± 1,52
Забійний вихід, %	76,8 ± 0,83	77,5 ± 1,05
Маса охолодженої туші, кг	64,4 ± 2,34	65,5 ± 1,34
Туша містить, %:		
м'яса	38,45 ± 1,61	40,13 ± 1,03
сала	19,23 ± 0,69	18,8 ± 0,37
кісток	6,75 ± 0,15	6,83 ± 0,10
Середня товщина шпику, см	4,0 ± 0,06	3,8 ± 0,03
Довжина туші, см	102,0 ± 0,88	103,5 ± 1,08
Середня маса, кг:		
печінки	1,61 ± 0,02	1,68 ± 0,04
легень	0,84 ± 0,02	0,88 ± 0,02
серця	0,27 ± 0,02	0,29 ± 0,02
селезінки	0,14 ± 0,05	0,14 ± 0,01
нирок	0,25 ± 0,01	0,24 ± 0,01
шлунку	0,75 ± 0,07	0,78 ± 0,02

Отже, для контролю годівлі необхідно вивчати стан обміну речовин у тварин за різними показниками, щоб користуватись даними, які характеризують порушення годівлі. До таких показників відноситься склад крові, який



відображає характер біохімічних процесів організму тварин залежно від рівня, типу, повноцінності годівлі та інших факторів зовнішнього середовища. Водночас встановлено, що кров у тварин має відносно постійний склад, однак, за даними Є. В. Ейдрігевича і В. В. Раєвської, деякі порушення в обміні речовин можуть змінювати її склад. [99].

За даними В. А. Алікаєва й співробітників, загальний білок міститься в сироватці крові тварин у такій кількості: корови 7,308,55 г%, свиноматки 6,92-7,97 і вівцематки 3,84- 6,02 г% цитовано за [99].

Ці ж автори зазначають, що залежно від фізіологічного стану та структури раціону вміст білка в сироватці крові тварин може значно коливатися. Наприклад, у корів кількість його в сироватці крові підвищується, коли згодують надлишок перетравного протеїну за недостачі легкорозчинних вуглеводів, фосфору або кальцію, вітамінів А і Б та ін. Навпаки, зниження загального білка в сироватці крові може бути пов'язане за недостатчею в раціоні перетравного протеїну, але воно спостерігається і в зв'язку з іншими причинами.

Крім визначення кількості білка, також застосовується дослідження вмісту кальцію й фосфору в крові. Кальцій головним чином визначають у сироватці крові, при цьому в більшості тварин його міститься 10-11 мг%. Кількість кальцію в крові тварин може коливатися в значних розмірах в зимовий період годівлі в 75% корів у сироватці крові він становить 8 мг на 100 мл і менше, найбільше його – восени. Але деякі вчені спостерігали підвищення цього елемента в крові в березні-квітні. Проте вміст кальцію в сироватці крові пов'язаний не тільки з періодом року, він, мабуть, значно більше залежить від умов годівлі й утримання тварин. Якщо в раціонах корів тривалий час не вистачало кальцію, то його вміст значно знижується в сироватці крові, інколи до 5-7 мг%.

Загальна кількість фосфору в крові тварин становить 18 мг на 100 мл, однак у клінічних дослідженнях користуються показником неорганічного фосфору в сироватці крові. Вміст фосфору в сироватці крові може знижуватися

до 2,5-3 мг%, причому це залежить від годівлі, особливо від кількості концентрованих кормів у раціоні. У сироватці крові свиней міститься: кальцію – 11,5-12,5 мг%, неорганічного фосфору – 5-6 мг%. Треба мати на увазі, що зниження вмісту кальцію до 7 мг% і нижче та вміст фосфору менше 2 мг% свідчить про порушення в організмі тварин фосфорно-кальцієвого обміну.

Засвоєння кальцію і фосфору залежить від забезпечення тварин вітамінами групи В. При цьому показником гіпо- або авітамінозів є стан суглобів, зубів, кісток, тону мускулатури та ін. З цією метою необхідно врахувати активність лужної фосфатази, норма якої становить в сироватці крові для дорослих тварин 2...5 і молодняку 5...20 одиниць. Активність лужної фосфатази збільшується на пізніших стадіях розвитку D-авітамінозів.

Для вивчення вуглеводного, азотного, ліпідного, мінерального й білкового обміну в процесі проведення контрольного забою відбирали змішану артеріально-венозну кров. Результати проведених досліджень подані в таблицях 15, 16.

**15. Концентрація продуктів обміну вуглеводів та ліпідів у сироватці крові піддослідних свиней, ( $M \pm m$ ;  $n = 4$ )**

Показники	Група тварин	
	контрольна	дослідна
Глюкоза, ммоль/л	3,75 ± 0,13	3,62 ± 0,27
Фруктоза, ммоль/л	0,28 ± 0,03	0,31 ± 0,03
Пентоза, ммоль/л	1,27 ± 0,08	1,35 ± 0,06
Піруват, ммоль/л	0,113 ± 0,01	0,121 ± 0,012
Холестерин, мг/л	1533 ± 31	1308 ± 78*
Фосфоліпіди, мг/л	1375 ± 48	1350 ± 65
Тригліцериди, мг/л	1238 ± 24	1200 ± 76
Загальні ліпіди, мг/л	4400 ± 94	3800 ± 100**
Бета-ліпопротеїди, мг/л	1175 ± 43	950 ± 35**

Примітка: \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,001$

З показників вуглеводного обміну в сироватці крові ми визначали концентрацію глюкози, фруктози, пентози й пірувату. З огляду на представлені дані, можна стверджувати, що особливих відмінностей у рівні вуглеводного обміну тварин обох груп не спостерігається. З показників ліпідного обміну досліджувалися в сироватці крові концентрація загальних ліпідів, холестерину, фосфоліпідів, тригліцеридів і бета-ліпопротеїдів. Зазначається достовірне зменшення вмісту холестерину, бета-ліпопротеїдів, загальних ліпідів і тенденція до зниження тригліцеридів і фосфоліпідів у сироватці крові свиней дослідної групи. Це можна охарактеризувати як показник зниження синтезу ліпідів в організмі свиней, що підтверджується більш високим виходом м'яса в тушах тварин дослідної групи (40,13% проти 38,45% у контрольній групі).

Згодовування амарантової дерті в складі зернових раціонів не викликало суттєвих змін в організмі тварин обох груп у білковому обміні. Концентрація загального білка, сечовини, креатиніну й лужної фосфатази була близькою, вміст альбумінів у сироватці крові у тварин дослідної групи був достовірно вищим ( $P < 0,05$ ).

**16. Концентрація продуктів обміну протеїну та біогенних макроелементів у сироватці крові піддослідних свиней, ( $M \pm m$ ;  $n = 4$ )**

Показники	Група тварин	
	контрольна	дослідна
Сечовина, ммоль/л	6,20 ± 0,49	6,12 ± 0,98
Креатинін, мг/л	15,7 ± 0,66	17,0 ± 0,71
Загальний білок, г/л	78,5 ± 1,76	77,3 ± 1,80
Альбуміни, %	39,8 ± 2,03	45,1 ± 0,88*
оц - глобулін, %	10,1 ± 0,72	9,5 ± 0,51
а <sub>2</sub> - глобулін, %	15,6 ± 1,13	15,3 ± 0,56
Р - глобулін, %	16,9 ± 1,19	14,5 ± 1,06
у - глобулін, %	17,9 ± 2,04	16,5 ± 1,09
Хлоріди, г/л	5,28 ± 0,18	5,24 ± 0,29
Лужна фосфатаза, од./л	86,25 ± 11,4	87,5 ± 7,2
Калій, ммоль/л	4,95 ± 0,22	5,3 ± 0,13
Натрій, ммоль/л	152 ± 2,31	148 ± 4,62

Фосфор неорганічний, ммоль/л	1,75 ± 0,1	1,8 ± 0,08
Кальцій, ммоль/л	2,75 ± 0,06	2,8 ± 0,05
Магній, ммоль/л	2,15 ± 0,40	2,2 ± 0,26

Примітка: \*  $P \leq 0,05$

Якість м'яса, отриманого після забою тварин, в значній мірі визначається трьома головними факторами: системою вирощування й відгодівлі (рівень та тип годівлі), віком, статтю та породними особливостями тварин.

При післязабійному зберіганні м'яса посмертні зміни тканин можуть характеризуватися як саморозпад або самопереварювання тканин під дією тканинних ферментів. Цей процес називається автолізом. У ході автолізу відбувається припинення обміну речовин, розпад зв'язків, які об'єднують речовини системи, з яких складаються тканини, розпад найпростіших речовин. Характер і глибина автолітичних змін м'яса впливають на його якість й харчову цінність. У посмертних автолітичних змінах м'яса можна виділити три періоди: парний стан, посмертне задубіння і дозрівання. М'ясо в парному стані (безпосередньо після забою через 2-4 год для свинини) характеризується м'якою консистенцією, з високою вологозв'язуючою та вологоутримуючою здатністю, яскравим забарвленням, відносно високим вмістом глікогену й значенням рН. Однак смак і аромат вареного м'яса і бульйону недостатньо виражений.

Посмертне задубіння виражається у затвердінні і невеликому вкороченні м'язів. Воно починається незабаром після забою (через 2-6 год), настає в різні терміни, які залежать від особливостей тварини, оточуючих умов, протікає більш інтенсивно у м'язах молодих тварин, повільніше – в м'язах вгодованих тварин. У процесі задубіння відбувається зміна стану білків м'язового волокна – актину, міозину і їх комплексу – актоміозину. У цьому процесі активну участь бере аденозинтрифосфорна кислота (АТФ), що входить до складу м'язового волокна. В процесі автолізу відбувається також розпад вуглеводу – глікогену, пов'язаний із командою полісахаридів. За життя тварини він витрачається в період м'язової роботи і накопичується під час відпочинку.

Після забою в результаті розпаду глікогену відбувається накопичення молочної кислоти і підкислення м'язової тканини. Інтенсивність цих процесів зростає з підвищенням температури. Результатом розпаду глікогену і зростання кількості молочної кислоти є зрушення реакції середовища в м'язовій тканині в кислу сторону (рН з 7,5-6,8 зменшується до 5,6-5,2). Це має практичне значення: кисле середовище гальмує розвиток гнильних і припиняє життєдіяльність деяких патогенних мікроорганізмів. Одночасно зниження рН пов'язано зі зменшенням вологозв'язуючої та вологоутримуючої здатності м'яса.

Розвиток автолітичних процесів у тканинах на перших порах супроводжується виділенням деякої кількості тепла. У зв'язку з цим температура туші після забою тварини починає підвищуватися, досягаючи через 90 хв іноді 40 °С, що враховують при холодильній обробці м'яса.

Найбільшу вологоємність й здатність утримувати вологу м'ясо має в парному стані. Висока вологозв'язуюча здатність парного м'яса має велике значення у виробництві варених ковбасних виробів, оскільки від неї залежить соковитість, консистенція й вихід готових виробів. У міру розвитку задубіння вологозв'язуюча здатність м'яса зменшується, досягаючи мінімуму. До цього часу жорсткість м'яса зростає приблизно на 25%, а його опір на розрив збільшується майже вдвічі. Таке м'ясо зберігає підвищену жорсткість і після варіння. Підвищена механічна міцність не тільки погіршує якість м'яса, але й вимагає великих витрат енергії при механічній обробці (різанні, обвалюванні, подрібненні).

Дозрівання м'яса – це сукупність змін найважливіших властивостей м'яса, зумовлених розвитком автолізу, в результаті яких м'ясо набуває добре виражений аромат, смак, стає м'яким і соковитим, більш вологоємним і доступним дії травних ферментів. Одним із наслідків розвитку автолізу в період дозрівання є розм'якшення тканин. У міру збільшення термінів дозрівання розм'якшення м'язової тканини зростає, ніжність м'яса поліпшується.

Дозрівання супроводжується поліпшенням аромату й смаку вареного м'яса і бульйону, що пов'язано з накопиченням в них смакових і ароматичних речовин.

До критеріїв, які характеризують якість м'яса, відносяться вологоутримуюча здатність, ніжність, величина рН та білково-якісний показник. У своїх дослідженнях ми не відмітили істотних відмінностей за цими критеріями між зразками м'яса свиней дослідної і контрольної груп.

Дуже важливим показником, який обумовлює зовнішній вигляд м'яса до варіння, поведінку м'яса під час варіння та соковитість у процесі пережовування, є його вологоутримуюча здатність. Зниження вологоутримуючої здатності *in vitro* проявляється у виділенні рідини. Більша частина змін у вологоутримуючій здатності включає зміни кількості так званої вільної води, а також кількості слабо зв'язаної води, яка визначається при дослідженні вологоутримуючої здатності.

З метою встановлення можливого впливу зерна амаранту на фізико-хімічні властивості м'яса дослідних тварин, нами проведено їх дослідження, результати яких наведені в таблицях 17, 18.

**17. Хімічний склад м'язової тканини піддослідних тварин, %, (n = 4, M ± m)**

Показник	Група тварин	
	контрольна	дослідна
Волога	71,23 ± 0,5	71,80 ± 0,10
Азот	3,82 ± 0,05	3,83 ± 0,02
Жир	2,27 ± 0,04	2,31 ± 0,05
Зола	1,15 ± 0,02	1,18 ± 0,02

Як видно з таблиці 17 суттєвої різниці в хімічному складі м'язової тканини тварин обох груп не виявлено.

Від фізико-хімічних характеристик м'язової тканини туш свиней безпосередньо залежать технологічні властивості м'яса, однією з яких є значення рН. Після 24 годин витримки м'ясо з величиною рН до 5,5 вважається

з ознаками PSE; нормальним в межах рН 5,5-6,20 і з ознаками DFD – при рН понад 6,21. Остаточна і найбільш об'єктивна оцінка м'ясної продуктивності свиней проводиться на основі вивчення якісних показників м'язової тканини.

Крім вимірювання величини рН, іншим важливим показником, що характеризує технологічну якість м'яса, є його вологоутримуюча здатність. Вода, що входить до складу м'яса, поділяється на гідратаційну, іммобілізовану (зв'язану) і вільну. Гідратаційна вода є щільнозв'язаною, вона не піддається фізіологічним впливам і не впливає на коливання водоутримуючої здатності. На утримання іммобілізованої води впливає просторова структура білків, яка може розширюватися або стискатися залежно від тяжіння або відштовхування бічних груп молекул білка. Так, асоціація білкових молекул призводить до зниження іммобілізованої води.

Між клітинами м'язової тканини знаходиться вільна вода, яка легко випаровується при нагріванні м'яса, його заморожуванні або розморожуванні, а також при сушінні. Чим вище водоутримуюча здатність м'яса, тим більш придатним воно вважається для вироблення різних продуктів із м'яса.

**18. Фізико - хімічні показники якості м'яса піддослідних свиней,  
(n = 4, M ± m)**

Показник	Група тварин	
	контрольна	дослідна
Вільна вода до загальної вологи, %	17,2 ± 0,4	17,6 ± 0,7
Зв'язаної води до загальної вологи, %	52,9 ± 0,5	54,2 ± 0,3
Ніжність, см/г загального азоту	284 ± 2,1	283 ± 1,5
Мармуровість м'яса	6,6 ± 0,1	6,6 ± 0,1
Інтенсивність забарвлення, коефіцієнт екстицій, (E:100)	127 ± 1,3	128 ± 1,1
рН	5,65 ± 0,06	5,66 ± 0,04
Калорійність, кДж	6168 ± 24,9	6154 ± 29,5

Однією із структурномеханічних властивостей м'яса, що визначає його технологічну цінність, є консистенція м'яса, зокрема його ніжність. Для визначення консистенції м'яса і м'ясопродуктів використовується метод пенетрації (проникнення), який допомагає замінити суб'єктивну оцінку визначення консистенції м'яса на об'єктивну.

Дані таблиці 18 показують, що кількість зв'язаної води в м'ясі свиней дослідної групи була на 1,03% вище. Виходячи з того положення, що чим більша водоутримуюча здатність м'яса, тим соковитіший готовий продукт після кулінарної обробки, можна сказати, що м'ясо свиней дослідної групи виявилось дещо кращої якості, ніж контрольної. За іншими показниками, що характеризують якість м'яса, суттєвої різниці не встановлено.

Отже, можна зробити висновок про те, що згодовування свиням подрібненого зерна амаранту в складі зернових раціонів не вплинуло на забійні якості та хімічний склад м'яса.



## РОЗДІЛ 3

### ВИКОРИСТАННЯ АМАРАНТУ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

#### **3.1. Амарант та продукти його переробки в технологіях харчових продуктів на основі борошна**

Останнім часом на світовому ринку з'явилося нове джерело сировини для харчової промисловості – зерно амаранту й продукти його переробки, що мають цінний хімічний склад і безпеку, високу харчову і біологічну цінність, містять широкий спектр фізіологічно функціональних харчових інгредієнтів, що визначає перспективи їх використання в технології харчових виробництв [100].

Рослина амарант відома вже кілька століть, але нині вона отримала широке поширення через те, що її насіння має високу харчову цінність. Довгий час амарант вирощувався тільки в незначній кількості країн Центральної та Південної Америки, а також у деяких районах Азії (особливо у Китаї) та в Африці. Сьогодні в Мексиці зерно амаранту використовується в широкому асортименті харчових продуктів: його додають у рулети, хлібці, булочки, крекери, всілякі солодощі, каші, оладки, пудинги, суміші з борошном інших злакових культур.

В Європі асортимент подібних товарів більш широкий. Амарант на німецькому ринку реалізується як насіння, масло, борошно, попкорн, локшина й енергетичні батончики. Насіння амаранту може використовуватися для приготування каш, смузі, коктейлів, а також при додаванні до випічки. Амарантове масло застосовується під час приготування їжі, його можна додавати в салати й використовувати в будь-яких рецептах замість олії. Попкорн з амаранту може бути використаний і в традиційному вигляді, і у вигляді наповнювача для зернових та шоколадних батончиків. При виробництві борошняної кондитерської продукції також використовується амарантове борошно з додаванням інших видів борошна у співвідношенні 1:2 або 1:3 [101].

Через свій багатий склад амарант знаходить широке застосування в рецептурах харчових продуктів. Так, відомо його успішне використання в продукції м'ясної промисловості, молочної, олійно-жирової, кондитерської та інших [102-104].

Амарант належить до нетрадиційних видів рослинної сировини, найбільш перспективних для розширення асортименту продуктів здорового харчування, а також для виготовлення харчових добавок функціонального призначення. У роботах вітчизняних дослідників особливе значення амаранту, передусім, визначається його кормовими перевагами й не надається належної уваги дослідженням із використання зерна амаранту як сировини для підвищення поживної цінності харчових продуктів, проблемам комплексної переробки зерна амаранту й розробці промислових технологій.

Проблема пошуку шляхів підвищення якості та харчової цінності виробів із борошна стає особливо актуальною, коли суттєво скорочується споживання харчових продуктів тваринного походження: м'ясних, рибних, молочних та яєчних продуктів, тваринних жирів. У цей час зростає в раціоні частка зернових продуктів, насамперед виробів із борошна.

У харчовій промисловості, зокрема хлібопекарській, поступово скорочується застосування добавок неприродного походження. Тому використання натуральних добавок із нетрадиційної рослинної сировини може сприяти збагаченню виробів необхідними для організму людини нутрієнтами, покращенню якості й зниженню їх енергетичної цінності

Амарант – зернова культура, яка відрізняється високою харчовою цінністю. Зерно амаранту перевершує багато традиційних злакових культур за вмістом білка (16...19%), незамінних амінокислот, вітамінів, макро- та мікроелементів, біологічно активних речовин, жиру (6...10%) та цінної лікувальної сполуки – сквалену (5...8%). [105].

Головна перевага амаранту над іншими видами зернових – високий вміст незамінної амінокислоти лізину (у 2–2,5 рази більше, ніж у пшениці та жита), сірковмісних амінокислот, харчових волокон, вітаміну С, кальцію, магнію та

фосфору [106]. Амарантове борошно часто використовують у як добавку до традиційного борошна – пшеничного.

Ряд досліджень у нашій країні та за кордоном показують перспективи використання цієї культури при виробництві хлібобулочних, молочних, м'ясних та інших продуктів [107]. Перелічені властивості дозволяють розглядати амарантове борошно як біохімічно активну добавку до пшеничного при хлібопеченні задля поліпшення якісних показників готових виробів [108].

Насіння амаранту – найбільш перспективний вид нетрадиційної сировини для виробництва широкого асортименту як різних харчових добавок, так і готових продуктів харчування. З нього можна виготовляти крупу, муку, спирт, напої, харчові добавки [109]. Чудові поживні якості борошна амаранту, в порівнянні з іншими зерновими, роблять його в поєднанні з пшеничним або вівсяним борошном повноцінним інгредієнтом для дитячого харчування.

Проблема пошуку шляхів підвищення якості та харчової цінності виробів із борошна стає особливо актуальною, коли суттєво скорочується споживання харчових продуктів тваринного походження: м'ясних, рибних, молочних та яєчних продуктів, тваринних жирів [110]. У цей час зростає в раціоні частка зернових продуктів, насамперед виробів із борошна.

У харчовій промисловості, зокрема хлібопекарській, поступово скорочується застосування добавок неприродного походження. Тому використання натуральних добавок із нетрадиційної рослинної сировини може сприяти збагаченню виробів необхідними для організму людини нутрієнтами, покращенню якості й зниженню їх енергетичної цінності [111].

Одним із основних продуктів переробки зерна амаранту є борошно, отриманню та застосуванню якого в останні десятиліття приділяють велику увагу як вітчизняні так і зарубіжні дослідники [112].

Амарантове борошно має цінний хімічний склад: білка у 3,8 разів більше, ніж у пшеничному борошні; ліпідів – у 9,4 рази; клітковини – у 17 разів; мінеральних речовин: натрію – у 24 рази, калію – у 4,2 рази, кальцію – у 19

разів, магнію – у 6 разів, фосфору – у 5 разів, заліза – у 36 разів; вітамінів: тіаміну – у 33 рази, рибофлавіну – у 74 рази, ніацину – в 1,2 рази.

Енергетична цінність амарантового борошна дещо перевищує таку для пшеничного борошна за рахунок більшого вмісту білків та ліпідів. Кількість незамінних амінокислот у білку амарантового борошна становить 17,6 г/100 г білка, загальне кількість амінокислот – 37,7 г/100 г білка. Отже, амарантове борошно відрізняється більш збалансованим амінокислотним складом у порівнянні з пшеничним, тому його доцільно використовувати у кондитерському виробництві разом із пшеничним борошном [113].

Розроблена технологія помолу та поділу зерна амаранту на частини для отримання нативних продуктів, що відрізняються високою харчовою цінністю. Зерно амаранту, що пройшло очищення, піддається плющенню. Отримане плющене нативне зерно амаранту (вихід 95–98%) поділяється на пластівці амарантові нативні (53–56%) та крупку зародкову нативну (28–35%). Далі з пластівців формується борошно амарантове сортове нативне (82–88%), а з крупки витягується масло (6,5–7,5%) і формується побічний продукт – крупка зародкова напівзнежирена (28–35%), що містить, відповідно, висівки білкові напівзнежирені (18–25%) та борошно білкове напівзнежирене (75–82%). Після низки досліджень встановлено, що борошно амарантове білкове є ефективним білковим збагачувачем і технологічним поліпшувачем при виробництві хлібобулочних виробів із пшеничного борошна. Борошно сортове нативне є ефективним поліпшувачем якості хлібобулочних виробів із суміші житнього та пшеничного борошна [114, 115].

З насіння амаранту виробляють цільнозернове амарантове борошно, що має високу харчову цінність; сортове амарантове борошно, у тому числі вищого гатунку, яке за кількісним співвідношенням компонентів близьке до пшеничного хлібопекарського борошна.

Амарантове борошно має специфічні біологічні особливості, так як містить комплекс фізіологічно цінних інгредієнтів: білки, ліпіди, вуглеводи, моно- і дисахариди, крохмаль, харчові волокна й мінеральні речовини.

Для амарантового борошна вищого гатунку характерний колір білий із жовтуватим або сіруватим відтінком, а для борошна цільнозернового – із помітними частинками оболонки зерна; запах і смак – специфічні, властиві цьому виду сировини.

Цільнозернове борошно амаранту містить комплекс фізіологічно активних речовин – сквален, мінеральні речовини, харчові волокна, пектин, вітаміни, а також амарантин, якими можна збагатити традиційні продукти, створити на його основі спеціалізовані продукти або нові біологічно активні добавки [116].

Перспективним є використання нової сировини для хлібопечення – амарантового білкового напівзнежиреного борошна (АМ), яке виробляється з крупки амарантової напівзнежиреної – вторинного продукту при виробництві амарантової олії.

Досліджували вплив амарантового борошна на якість і біотехнологічні властивості хлібопекарських пресованих дріжджів. Заміну пшеничного борошна на амарантове проводили в дозуванні 1, 3, 5, 7 та 10%.

Було виявлено, що зі збільшенням дозування амарантового борошна в поживній суміші підйомна сила хлібопекарських пресованих дріжджів покращується на 111...40%, очевидно, за рахунок вмісту в борошні цінних хімічних речовин, що свідчить про доцільність його використання і для активації пресованих дріжджів.

Вивчення впливу амарантового борошна на хлібопекарські властивості пшеничного борошна проводили шляхом визначення в ньому вмісту та якості клейковини й газоутворювальної здатності. Амарантове борошно вносили у сухому вигляді у дозуванні 1, 3, 5, 7 та 10% замість пшеничного борошна. Встановлено, що вміст сирої клейковини при внесенні борошна амаранту незначно зменшується. Зі збільшенням дозування добавки змінюються і структурно-механічні властивості клейковини. Додавання амарантового борошна сприяє підвищенню газоутворення у тісті.

У ході досліджень вивчали вплив амарантового борошна на якість

пшеничного хліба, виготовленого різними способами. Найбільш оптимальним способом приготування хліба при внесенні амарантового борошна є опарний спосіб із внесенням добавки безпосередньо в рідку опару.

Найкраща якість хліба з урахуванням його органолептичних показників забезпечується за використання активованих пресованих дріжджів, приготовлених на водно-борошняній суміші, що містить 7% амарантового борошна. Внесення амарантового борошна сприяє підвищенню біологічної цінності хліба за рахунок поліпшення амінокислотного складу й помітної ліквідації дефіциту незамінних амінокислот білка в хлібі [117].

Н. С. Ружилю вивчав вплив подрібненого насіння амаранту на хлібопекарські властивості пшеничного борошна І гатунку, зокрема, на інтенсивність газоутворення при бродінні тіста. Подрібнене насіння амаранту білого й багряного вносили із заміною пшеничного борошна І сорту у кількості 5, 10, 15, 20, 25 та 30% та після випікання при 180...190 °С протягом 20-25 хв. порівнювали результати з контрольним зразком із пшеничного борошна без додавання насіння амаранту. Встановлено, що внесення 5 % подрібненого насіння амаранту позитивно діє на газоутворювальну здатність тіста в процесі бродіння, сприяє покращенню якості хлібобулочних виробів і може бути використане в технології хлібопечення [118].

Основні напрямки промислового застосування амарантового борошна: хлібобулочні вироби, дитяче харчування, борошняні кондитерські вироби, майонези, макаронні вироби, молочні десерти, готові суміші для випічки.

Насіння амаранту – це зерна округлої форми, що містять ядро, зародок підковоподібної форми й оболонку. Борошно з цього насіння розмелюється стандартним способом. При помолі насіння амаранту отримують не тільки борошно, а й відходи що утворюються після помолу. До них можна віднести крупку зародкову та висівкову мучку, пластівці ендосперму.

Шляхом розмелювання утворюється борошно. Але, перш ніж розмолоти зерна, насіння проходить кілька стадій підготовки: очищення, лущення від оболонки, поділ на компоненти, який відбувається шляхом сплющування ядер,

а також зародки зерна відокремлюють від своїх ядер.

Після проходження стадії очищення настає стадія сортування, яка відбувається у декілька етапів. Сортують розмол ситами. Мета сортування виділити на всіх етапах крупку зародкову й висівкову мучку. На останньому етапі сортування отримують пластівці ендосперму.

Після стадії сортування настає стадія зволоження. Перед зволоженням необхідно дотримуватися деяких умов – витримка насіння при температурі 18-20 °С, до вмісту в ньому вологи 14-15%.

Після розмелювання отримані компоненти проходять повторний процес помелу й тільки після цього на виході одержують борошно. Крупку зародкового борошна поділяють на два корисні компоненти: олію та шрот, з якого після ще одного помелу отримують знежирене борошно.

Е. В. Вознюк та ін. вважають, що заміна 8-10% житнього борошна на амарантове дозволяє отримати новий, досить смачний сорт хлібопекарської продукції – амарантовий хліб. Він має гарні органолептичні характеристики й більш збалансований амінокислотний склад у порівнянні зі звичайним хлібом.

Використання амарантового борошна у технології хлібобулочних виробів у кількості 100% неможливе, тому що в ньому відсутня клейковина. Водночас введення його в рецептури хліба для збагачення й часткової заміни пшеничного борошна доцільно. З цією метою зазвичай застосовується частково знежирене амарантове борошно з амарантового шроту або плющені зерна амаранту (амарантові пластівці). Цільнозернове амарантове борошно містить велику кількість жиру, що помітно знижує її здатність до зберігання внаслідок швидкого прогоркання жиру.

Деякі дослідники вважають, що через низьку вологість має сенс використання амарантового борошна як добавки до пшеничного, вологість якого перевищує допустимі регламентом значення. За рахунок високої кислотності амарантового борошна можливе скорочення тривалості процесу бродіння без застосування ферментних препаратів. За показником газоутворюючої здатності амарантове борошно може бути гарною добавкою до

пшеничного борошна з сильною клейковиною для покращення якості напівфабрикатів і готових виробів [119].

Висока вологоутримуюча здатність амарантового борошна досягається завдяки високому вмісту в ньому харчових волокон, що становить від 3,9 до 16,5%. Для порівняння: у пшеничному борошні, залежно від сорту відсоток харчових волокон змінюється від 3,5 до 11,3 %, тоді як у насінні амаранту цей показник перебуває в інтервалі від 25 до 60% [120].

Вивчався вплив амарантового борошна на склад модельних сумішей амарантового та житнього обдирного борошна при співвідношенні 25:75, 20:80, 15:85, 10:90. Авторами зроблені висновки про те, що з позиції харчової цінності хлібобулочних виробів, доцільним є співвідношення амарантового та житнього борошна в масових частках 20:80. Хлібобулочні вироби (100 г) зможуть задовольнити 19,8% добової потреби в кальції при співвідношенні P:Ca як 1,48:1. Через високу кислотність амарантового борошна його застосування доцільно у технології хлібобулочних виробів на підкислювачах біологічного чи органічного походження. Запропоновані дозування цілнозернового амарантового борошна не впливають на автолітичну активність і, як наслідок, на стан м'якушки хлібобулочних виробів.

Н.А. Шмалько та С.О. Смирнов досліджували вплив добавки амарантового борошна на хлібопекарські властивості пшеничного борошна першого й вищого ґатунків та на якість хліба. Хімічний склад технологічної добавки відрізняється підвищеним вмістом вуглеводів (до 72,5 %), моносахаридів і дисахаридів (до 3,2 %), клітковини (до 2,5 %), золи (до 0,8 %) у порівнянні з хлібопекарським пшеничним борошном.

Встановлено, що додавання амарантового круп'яного борошна до маси пшеничного борошна призводить до поліпшення якості випеченого хліба.

Об'ємний вихід формового хліба підвищується на 10,0-28,0 % для борошна пшеничного вищого ґатунку, на 3,0-10,0 % для борошна пшеничного першого ґатунку; питомий обсяг формового хліба – на 8,0-26,0 % для борошна пшеничного вищого ґатунку і на 4,0-11,0 % для борошна пшеничного першого



гатунку; формостійкість подового хліба (крім дозування 10,0 %) – на 17,0 % для борошна пшеничного вищого гатунку і на 8,5-12,8 % для борошна пшеничного першого гатунку.

Органолептична оцінка випечених проб хліба із суміші пшеничного й амарантового круп'яного борошна показала значне поліпшення його характеристик при введенні добавки у тісто. Верхня скоринка дослідних виробів була більш рівною, гладкою й опуклою, ніж у контролі, золотистого відтінку. Пористість дослідних виробів більш тонкостінна й рівномірна з малим розміром пор, м'якуш довше зберігає свіжість при зберіганні.

Додавання амарантового круп'яного борошна до маси пшеничного борошна покращує біологічну й харчову цінність хліба. У хлібобулочних виробках, виготовлених із амарантовим круп'яним борошном, істотно покращується амінокислотний склад білків, їх біологічна цінність і збалансованість.

Харчова цінність хліба при додаванні амарантового круп'яного борошна підвищується у результаті збагачення виробів білками на 9,2%, жирами на 28,2%, клітковиною у 1,5 рази, органічними кислотами у 1,3 рази.

Мінеральний склад хліба із добавкою покращується за рахунок підвищення масової частки калію на 10,1%, кальцію на 17,4%, магнію на 12,1%, фосфору на 22,6% і заліза у 1,5 рази відповідно. Вітамінний склад хліба при введенні добавки також покращується: вміст тіаміну підвищується у 2,3 рази, рибофлавіну у 3 рази, ніацину – у 1,1 рази відповідно. Енергетична цінність 100 г хліба при додаванні амарантового круп'яного борошна збільшується на 16 % [121].

Багатьма дослідженнями доведено доцільність використання амарантового борошна у хлібопекарському виробництві [122].

Деякі сорти амаранту мають темнозабарвлене насіння, і їх використання рекомендується в рецептурах хліба із суміші житнього та пшеничного борошна.

У дослідженні проводили заміну 5 і 10% житнього обдирного борошна на цільнозернову амарантову. Відзначено незначне потемніння скоринки й

м'якуша та більш розвинену пористість, що говорить про добру газоутворюючу здатність тіста у процесі бродіння. Зроблено висновок, що використання амарантового борошна не погіршує органолептичні показники хліба Дарницького.

Вивчали можливість і доцільність заміни частини пшеничного борошна на амарантове у хлібопеченні. Були виготовлені борошняні суміші із заміною частини пшеничного борошна на амарантове борошно в кількості 0, 4, 6, 8, 10% до загальної маси борошна. У ході проведення досліджень було встановлено, що зі збільшенням дозування амарантового борошна показники якості борошняних сумішей змінюються. У борошняних сумішах вологість зменшується з 12,0 до 10,8 %, кислотність з 4,3 до 4,1 град., водопоглинальна здатність знижується з 56,0 до 54,0 %, масова частка сирі клейковини зменшується з 28,0 до 25,0%. Якість сирі клейковини зростає з 55,0 до 75,0 умовних одиниць приладу ІДК.

Автори вважають, що зменшення показника вологості пов'язане з тим, що амарантове борошно має більш низьку вологість, за рахунок чого воно адсорбує частину води із пшеничного борошна, що призводить до зниження вологості борошняної суміші, і чим більше дозування амарантового борошна, тим нижча вологість.

Амарантове борошно має низький вміст кислотоутворюючих речовин, таких як білки і вільні жирні кислоти, що є причиною зниження кислотності борошняних сумішей.

Водопоглинальна здатність із збільшенням дозування амарантового борошна зменшується, що пов'язано з тим, що частинки амарантового борошна дещо більші, ніж частинки пшеничного борошна. Борошно з меншою крупністю частинок має вищу водопоглинальну здатність, тому за збільшення кількості амарантового борошна значення водопоглинальної здатності зменшується.

Збільшення частки амарантового борошна суттєво впливає на кількість та якість сирі клейковини, масова частка якої знижується, а якість збільшується,

тобто вона слабшає. Це пов'язано з фракційним складом амарантового борошна. Білкові речовини амарантового борошна більшою мірою представлені соле- і водорозчинними фракціями, а саме альбумінами й глобулінами, які не здатні до утворення клейковинного каркасу.

За якістю сира клейковина у сумішах стає слабшою, що пов'язано із зниженням вмісту глютенінової фракції.

Автори прийшли до висновку, що амарантове борошно доцільно використовувати як добавку до хлібопекарського борошна із високою вологістю, кислотністю і міцною клейковиною [123].

Проведено дослідження щодо визначення впливу амарантового борошна на властивості тіста, якість хліба з біоактивованого зерна пшениці та визначення його раціонального дозування. Оцінка якості хліба показала, що найкращу пористість (57%, що на 3% більше, порівняно з контролем) мав зразок, виготовлений із додаванням 6% амарантового борошна. Збільшуючи дозування амарантового борошна до 7% спостерігалось незначне зменшення питомого обсягу й пористості хліба на 1,8 та 1% відповідно, порівняно з дослідним зразком із додаванням 6% амарантового борошна. Додавання 6% амарантового борошна до маси нативного зерна дозволило отримати хліб покращеної якості із слабко вираженим запахом і присмаком амаранту [124].

За внесення 7% амарантового борошна у рецептуру батона нарізного виявлено збереження встановлених стандартом вимог до вологості, кислотності й пористості (41,0%, 2,5 град та 74% відповідно), покращення смакових якостей [125].

Результати досліджень М.Ш. Бегеулова [126] підтвердили можливість використання амарантового борошна у кількості 7-10% і сумішей, що містять у своєму складі 2-3% сухої пшеничного клейковини і 2-3% солодового екстракту від маси пшеничного борошна з метою поліпшення якості хліба, що випікається. За подальшого збільшення масової частки рослинної добавки до 30% відзначалося незначне зниження показників якості хліба, що випікається, на тлі його збагачення цінними макро- і мікронутрієнтами.

Було проведено дослідження щодо впливу амарантового борошна при додаванні до рецептури пшеничного й житньо-пшеничного хліба. Вносили від 5% до 30% нетрадиційного борошна. Введення 5-20% амарантового борошна в рецептуру хліба із суміші житнього і пшеничного борошна мало впливало на його органолептичні властивості, 25 і 30% - викликало зниження споживчих якостей. Додавання 10% добавки погіршувало зовнішній вигляд пшеничного хліба.

Оцінюючи фізико-хімічні показники, встановлено, що із збільшенням кількості амарантового борошна, що вноситься, більше 20% спостерігалось зниження пористості м'якучу хліба на 1,2–3,4%. Найбільша зміна цього показника відзначалася за максимального внесення амарантового борошна. Вологість, кислотність і формостійкість м'якучу у всіх пробах практично не змінювалися. Додатково зазначено, що внесення амарантового борошна у виробу сприяє уповільненню процесу ретроградації крохмалю і цим збільшує термін зберігання продукту.

Проведено порівняння зразків хліба для дієтичного харчування з рисового, амарантового, вівсяного борошна з додаванням ламінарії тонкого помолу.

Смак, аромат, зовнішній вигляд і поверхня виробу з амарантового борошна мали вищі бали. Вологість і кислотність зразків були в межах норми. Додатково зразок хліба із амарантовим борошном відрізнявся найвищим вмістом білка – 33,59 г на 250 хліба [128].

Вивчено вплив цільозернового борошна із насіння амаранту на споживчі, органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні властивості хліба з пшеничного борошна вищого й першого гатунку. Проведена оцінка зразків готових виробів із внесенням 1, 3, 5, 7 та 10% амарантового борошна. Встановлено, що амарантове борошно позитивно впливає на органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні властивості хлібобулочних виробів. У результаті експерименту виявлено оптимальний варіант суміші з пшеничного борошна двох сортів і цільозернового борошна з насіння амаранту.

Встановлено, що для отримання хліба з покращеним зовнішнім виглядом та високими споживчими властивостями, а також зі значенням кислотності 1,8–2,4 град, необхідно включення до рецептури амарантового борошна в кількості 7 % до маси пшеничного борошна [129].

Сьогодні актуальним є виробництво хліба й булочних виробів спеціального призначення. Застосування нових видів сировини рослинного походження, у тому числі з нехлібопекарних культур, дозволяє збагатити харчову цінність хлібобулочних виробів, покращити їх органолептичні й фізико-хімічні показники, збільшити термін зберігання свіжості, інтенсифікувати технологічний процес, стабілізувати якість хліба при переробці борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями, розробити продукцію із покращеним хімічним складом й профілактичними властивостями [130].

Перспективною культурою є амарант, який як харчова культура не використовується у необхідному обсязі для задоволення потреб у якісних продуктах харчування. Зерно амаранту за вмістом білка, мінеральних речовин і вітамінів, за цінністю олії перевершує традиційні зернові й зернобобові культури [131].

Кількісний вміст чистого жиру в насінні амаранту вищий, ніж у зернових культурах (5,7...6,9%). Гарнітура амінокислот має сприятливий склад. Борошно амаранту містить у 2...3 рази більше лізину, ніж пшеничне. Головним вуглеводним компонентом насіння амаранту, подібно зерновим культурам, є крохмаль, що складається, головним чином, з амілопектину (93...55%). Температурний діапазон клейстеризації крохмалю становить 62...68° С, що трохи більше, ніж у пшениці. Малорозмірні гранули крохмалю насіння чинять більший опір впливу під час механічного подрібнення, його водопоглинаюча здатність значно вища, ніж у крохмалю пшениці [132].

Вирішенню проблеми створення продуктів харчування підвищеної харчової цінності, а саме товарів масового споживання – хлібобулочних та кондитерських виробів із використанням продуктів переробки амаранту,

присвячені роботи вітчизняних і закордонних учених. Відповідно до проведених досліджень, додавання менше ніж 10 % борошна амаранту істотно не впливає на якісні показники тіста й готових виробів. Вивчено реологічні властивості тіста із суміші пшеничного та амарантового борошна, отриманого з пророщеного насіння [133]. Встановлено, що внесення в пшеничне борошно подрібненого насіння амаранту, попередньо замоченого у воді, у кількості 5–15 % покращує якість хлібобулочних виробів [134]. Доведена можливість застосування амарантового борошна як поліпшувача при переробці пшеничного борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями.

Е.И. Алексеева та ін. повідомляють, що фізичні властивості борошна амаранту мають значні відмінності від традиційних видів борошна. Крохмаль, що становить основну масу амарантового борошна, має надзвичайно дрібні гранули (середній діаметр 1 мкм) та високу водопоглинаючу здатність, що впливає на якість хліба та, відповідно, обмежує його використання в хлібопеченні.

Амарант належить до нетрадиційних видів рослинної сировини, найбільш перспективних для розширення асортименту продуктів здорового харчування, а також для виготовлення харчових добавок функціонального призначення. У роботах вітчизняних дослідників особливе значення амаранту, передусім, визначається його кормовими перевагами і не надається належної уваги дослідженням із використання зерна амаранту як сировини для підвищення поживної цінності харчових продуктів, проблемам комплексної переробки зерна амаранту й розробці промислових технологій [135].

Нині найважливішою проблемою є розширення асортименту хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності з використанням місцевих, а також нетрадиційних видів сировини, виробів, що мають імуномодельную, антиоксидантну й радіопротекторну дію на організм людини, збагачують його есенціальними речовинами. Перспективною є розробка хлібобулочних виробів із добавкою продуктів переробки амаранту (загальна назва для рослин, що відносяться до роду *Amaranthus*), який є одним із

найкращих джерел рослинних білків. Засвоюваність білків амаранту наближається до засвоюваності білків тваринного походження. За вмістом таких незамінних кислот, як лізин і метіонін, білок амаранту перевищує традиційні зернові культури [136]. Також ця рослина є джерелом клітковини, поліненасичених кислот, фітостеролів, фосфоліпідів, сквалену, вітамінів С, Е, РР, В<sub>2</sub>, В<sub>1</sub>, А, фолату, макро- та мікроелементів (натрію, магнію, калію, фосфору, кальцію, феруму, купруму), які необхідні для оптимального функціонування органів травлення, імунної та ендокринної систем тощо. Завдяки своєму складу, екологічним особливостям, високій врожайності амарант розглядається як одна з культур, що в майбутньому буде забезпечувати продовольчу безпеку, особливо в країнах із найчисленнішим населенням [123].

Розроблено технологію виробництва хліба функціонального призначення з використанням амарантової макухи й олії. Хліб, виготовлений із суміші пшеничного борошна та продуктів переробки амаранту при співвідношенні 97:3-85:15, має підвищений вміст білка (на 3-10%), вітамінів групи В, мікро- та макроелементів, співвідношення кальцію та фосфору від 1:1,8 до 1:2,9 та покращений амінокислотний скор лізину й треоніну.

Додавання 15% амарантової макухи та 5% масляного екстракту амаранту до маси борошна дозволили покращити органолептичні й фізико-хімічні показники готових виробів, підвищити біологічну цінність на 24,5%, отримати хліб із максимально збалансованим амінокислотним складом, підвищити намокання та питомий обсяг, покращити засвоюваність готових виробів функціонального призначення [137].

Використання амарантового борошна у хлібопеченні також збільшує кількість харчових волокон у продукті. Так, згідно з дослідженням А. Рівовагов [138], внесення 10% амарантового борошна дозволяє збагатити хліб харчовими волокнами за збереження відповідності вимогам нормативних документів до хліба загального призначення. Додавання 15% нетрадиційного борошна призводило до помітного зниження пористості.

Зерно амаранту й продукти його переробки, що володіють біологічною

цінністю, містять широкий спектр фізіологічно функціональних речовин, що визначає перспективи їх використання в технології харчових продуктів [139].

С. Ю. Миколенко та ін. вивчали особливості хімічного складу, функціонально-технологічних властивостей і біологічної активності нетрадиційної для хлібопекарського виробництва сировини, а саме амарантового борошна, амарантових висівок, амарантової олії й чіа, які належать до харчових компонентів, що містять значну кількість поживних і біологічно активних речовин. Встановлено, що жирнокислотний склад амарантової олії відрізняється вмістом таких жирних кислот, як лінолева (41 %) та арахідонова (16 %), які належать до речовин із високою біологічною активністю. Амарантове борошно виступає джерелом доступного рослинного білка (15 %). Застосування продуктів переробки амаранту – борошна й висівок – суттєво не позначається на погіршенні споживчих характеристик при їх введенні в рецептуру в кількості 5–10 % до маси борошна. Введення амарантового борошна у кількості 10 % до маси пшеничного борошна забезпечує збільшення вмісту цинку й фосфору в 1,2–1,5 рази, кальцію – у 2,4 рази порівняно з пшеничним хлібом без добавок. Використання амарантового борошна і чіа збагачує хліб харчовими волокнами на 54 % від добової потреби, а також поліпшує амінокислотний склад продукту за рахунок зростання вмісту лейцину, валіну, ізолейцину, фенілаланіну, треоніну, лізину [133].

Г.Г. Соколенко, Е.С. Шилова повідомляють, що у всіх частинах амаранту міститься багатий комплекс біологічно активних речовин, які мають антиоксидантні властивості. Листова маса амаранту відрізняється високим вмістом природних антиоксидантів: флавоноїдів (до 17%), аскорбінової кислоти, сквалену, пігменту амарантину. Флавоноїди, що входять до складу листя амаранту, представлені рутином, кверцетіном і трифолоном. Рутин, ефективний антиоксидант, що міститься, переважно в листі амаранту, залежно від виду, вміст його коливається від 0,5 до 3,0%.

Водночас із антиоксидантною активністю флавоноїди виявляють антигістамінний ефект, зменшують ламкість та проникність капілярів. Загальну



антиоксидантну активність листя амаранту можна порівняти з активністю лимонника китайського та женьшеню. Великий набір антиоксидантів, виявлених у листі амаранту, робить доцільним їх застосування для отримання функціональних продуктів харчування [104].

Окрему увагу варто приділити екструдованому зерну амаранту. Екструзія як спосіб переробки займає особливе місце, так як поєднує в собі термо-, гідро-і механічну обробку сировини та дозволяє отримувати продукти нового покоління із заздалегідь заданими властивостями. Екструзійна обробка розширює асортимент харчових продуктів, знижує їх мікробіологічне обсіменіння й підвищує засвоюваність [140, 141].

Біологічна цінність білка зерна амаранту після проведення екструзії підвищується: коефіцієнт балансу азоту становить 0,86, коефіцієнт ефективності білка – 2,4-3,6, чиста утилізація білка – 78,8. Крім цього, екструзія сприяє розпаду фітинової кислоти амаранту, а отже, підвищення доступності його мінеральних елементів. Біологічна цінність екструдованого амаранту становить 72,9 [142].

Амарант і продукти його переробки мають цінний хімічний склад, високу харчову й біологічну цінність, містять широкий спектр фізіологічно функціональних харчових речовин, що визначає перспективи їх використання у технології харчових виробництв.

Вивчення амаранту з метою його максимально ефективного використання на сьогодні не завершено. До теперішнього часу проводяться дослідження із встановлення хімічного складу різних видів амаранту й впливу його компонентів на здоров'я людини [143]. Загалом перспективи збагачення хліба за рахунок добавок з амаранту відзначені досить давно [144]. Вони пов'язані з необхідністю усунення дефіциту в організмі окремих мікроелементів, наприклад феруму [145]. Борошно з амаранту придатне для виробництва безглютенових продуктів [146]. Використання амаранту є перспективним для приготування спеціальних функціональних продуктів харчування спортсменів [147].

Шрот – це побічний продукт екстракційного виробництва. Після екстракції олії його подрібнюють до різного ступеня дисперсності. Шрот містить незамінні амінокислоти, нерозчинні харчові волокна, вітаміни групи PP, мінеральні речовини, збалансовані за вмістом макроелементів Ca та P. Аналіз різних літературних джерел доводить доцільність використання продуктів переробки амаранту як збагачувальну добавку. Особливо хочеться відзначити, що до складу шроту амаранту входить унікальна речовина – сквален, який є сильним антиоксидантом [148].

Внесення в рецептуру хлібобулочних виробів шроту амаранту дозволить вирішити проблему дефіциту есенціальних харчових речовин у харчуванні населення.

Дослідження впливу шроту амаранту на процеси газоутворення та газотримання в тісті показали, що внесення шроту амаранту інтенсифікує процес бродіння тіста. При внесенні 5% шроту амаранту бродіння тіста скорочується на 40%, 10% – на 45%, 15% – на 55%, 20% – на 75%. Ймовірно, інтенсифікація бродіння тіста пов'язана з тим, що у складі шроту амаранту багато поживних речовин: вітамінів для дріжджів.

Встановлено, що при внесенні шроту амаранту до рецептури хлібобулочних виробів показник питомого обсягу знизився до 16,7%, пористість до 14% порівняно з контрольним зразком без добавки. Показник кислотності навпаки зростав до 16% зі збільшенням кількості внесеної добавки від 5 до 20% до маси борошна.

За результатами проведених досліджень встановлено, що хлібобулочні вироби з внесенням шроту амаранту в кількості не більше 5 % до маси борошна характеризувалися найкращими фізико-хімічними й органолептичними показниками якості. За внесення добавки більше 5 % до маси борошна зменшувався питомий обсяг виробів, пористість, погіршувався стан поверхні, смак і запах [149].

Н. П. Буяльська та інші дослідили вплив добавки шроту насіння амаранту й подрібненого листя амаранту на органолептичні та фізико-хімічні показники

якості хлібобулочних виробів. Вивчали вплив продуктів переробки амаранту (шрот насіння амаранту й подрібнене листя амаранту) на якість рогаликів фруктових. Добавки попередньо подрібнювали до порошкоподібного стану та вносили в кількостях 0,5; 1,0 та 2,0 % до маси борошна.

За результатами проведених досліджень впливу добавок продуктів переробки амаранту на якість хлібобулочних виробів, а саме рогаликів фруктових встановлено: зі збільшенням кількості добавок до 2 % вихід сирої клейковини збільшується, при цьому вона стає менш розтяжною; за рахунок високої активності ліпази й ліпоксигенази добавок амаранту клейковина борошна укріплюється; внесення добавок підвищує зимазну й мальтазну активність дріжджів, що прискорює процес дозрівання тіста; покращується підйомна сила дріжджів; внесення добавок не впливає на вологість тіста; вологість готових виробів зменшується; кислотність готових виробів із використанням добавок підвищується; на органолептичні властивості добавки продуктів переробки амаранту не мають значного впливу, пористість виробів була однаковою, незначний темний відтінок і ледь відчутний трав'яний присмак мали вироби з додаванням подрібненого листя амаранту. На основі проведених досліджень встановлено оптимальні дозування добавок до маси борошна: подрібнене листя амаранту – 2,0 %; шрот насіння амаранту – 2,0 % [150].

У результаті віджиму олії методом холодного пресування в рослинних макухах залишається основна частина поживних речовин (білків, вуглеводів, жирів), містить біологічно цінні компоненти – вітаміни, клітковину, макро- та мікроелементи, тому доведено можливість її застосування в харчових технологіях з метою отримання здорових продуктів харчування, здатних задовольнити добову потребу у вітамінах, макро- та мікроелементах.

Макуха насіння амаранту має високу харчову цінність й унікальний біохімічний склад. У ній міститься до 16 % білка (що складається більш, ніж на 30 % із незамінних амінокислот), до 7 % жирів, і близько 2-2,5 % харчових волокон (клітковини), дуже високий вміст вітамінів (E, A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>4</sub>, C, D), дуже

важливих для організму людини макро- та мікроелементів (залізо, калій, кальцій, фосфор, магній, мідь та ін.), а також інших біологічно активних речовин (фітостероли, фосфоліпіди та ін). Крім того, до складу амарантової макухи входить сквален, вміст якого становить 10 мг на 100 г рослинної системи.

В організмі людини сквален виступає в ролі антимікробного, антиканцерогенного й фунгіцидного засобу. Саме нестача кисню в організмі призводить до передчасного старіння та розвитку пухлин. Належний вміст сквалена в організмі сприяє омолодженню клітин та бореться із вільними радикалами, окрім того, він, стимулюючи роботу імунної системи, захищає організм від різноманітних інфекцій та вірусів.

Однією з переваг амарантової макухи є наявність у її складі поліненасичених жирних кислот (%):  $\omega$ -3 – 0,7,  $\omega$ -6 – 48,6,  $\omega$ -9 – 21,3. За рахунок великого вмісту у своєму складі  $\omega$ -6, макуха амаранту підвищує захисні сили організму, бере участь в обміні речовин і будівництві клітинних мембран, запобігає утворенню в судинах атеросклеротичних відкладень, попереджає розвиток запальних процесів. Олеїнова кислота ( $\omega$ -9), що входить до складу олії, попереджає розвиток раку, пригнічуючи розмноження канцерогенних клітин. Макуха сприяє поліпшенню діяльності кишечника, підтримці нормального рівня кров'яного тиску, здатна підтримувати в клітинах організму водно-сольовий баланс і забезпечує нормальну роботу нервової системи, бере участь у нервовому регулюванні серцевих скорочень. Амарантова макуха має ідеальні технологічні властивості: жовтуватий колір, приємний тонкий смак і запах, що відкриває широкі можливості для її широкого застосування в громадському харчуванні [151].

На думку Н.П. Буяльської та ін., амарант є перспективною культурою для створення композиційних сумішей, які дозволять поліпшити якість хлібобулочних виробів, а саме їх харчову й біологічну цінність. Досліджувався вплив висівок амаранту на хлібопекарські властивості сировини (борошна

пшеничного першого гатунку та дріжджів) при виробництві хлібобулочних виробів [150].

Використовували борошно пшеничне першого сорту згідно ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне»; дріжджі хлібопекарські пресовані ТМ «Львівські дріжджі» згідно ДСТУ 4812: 2007. Висівки амаранту вносили в кількості 1 %; 3 %; 5 % до маси борошна. У порівнянні з пшеничним борошном та висівками, висівки амаранту містять більшу кількість білків, клітковини та пектину, мінеральних речовин і вітамінів.

Результати досліджень показали, що при внесенні добавки висівок амаранту незначно збільшувався вихід сирової клейковини - 26,5 % - контрольний зразок без добавки, 27,4 % - з добавкою 3 % висівок амаранту. Концентрація добавки 5 % призводить до зменшення розтяжності клейковини (контрольний зразок 15,3 см, зразок з добавкою 5 % висівок амаранту – 13,8 см).

Активність ліпази й ліпоксигенази висівок амаранту в 2 рази перевищує активність відповідних ферментів основної сировини – борошна пшеничного першого гатунку.

Найкраща підйомна сила дріжджів (46,5 хв.), активованих продуктами переробки амаранту спостерігається за концентрації висівок амаранту 3 % (порівняно з 57,7 хв. у контрольному зразку без добавки).

Дослідження зимазної та мальтазної активності дріжджів показали, що найкращі показники спостерігаються для зразків з концентрацією добавки амаранту 3,0 %. Застосовуючи пресовані дріжджі з високою мальтазною активністю, ми скорочуємо тривалість бродіння опари, покращуємо якість хліба. Тому за високої мальтазної активності дріжджів можливо, зберігаючи звичайну тривалість бродіння, скоротити їх витрату. За приготуванні тіста безопарним способом витрати дріжджів з високою мальтазною активністю можуть складати 1,2 - 1,4 % замість 2 %.

Доведено доцільність використання висівок амаранту при розробці нових хлібобулочних виробів із підвищеною харчовою цінністю. Крім позитивного впливу на організм, висівки амаранту підвищують цукроутворювальну й

газоутворювальну здатність борошна, збільшують бродильну активність дріжджів, зменшують час дозрівання напівфабрикату. За результатами досліджень хлібопекарських властивостей сировини визначено оптимальне дозування висівок амаранту до маси борошна, яке складає 3 % [152].

Також дослідниками запропоновано вносити амарантове борошно й висівки в хліб масового споживання [133]. Встановлено, що застосування продуктів переробки амаранту суттєво не позначається на погіршенні споживчих характеристик за їх введення в рецептуру в кількості до 10 % до маси борошна й забезпечує збільшення вмісту цинку та фосфору у 1,2–1,5 рази, кальцію – у 2,4 рази порівняно з пшеничним хлібом без добавок.

Амарантове борошно є продуктом переробки зерна амаранту, що використовується для виробництва борошняних кондитерських, хлібних і макаронних виробів [132, 133].

Досить активно проводиться робота з розроблення кондитерських виробів із застосуванням борошна з амаранту.

Досліджено вплив амарантового борошна на адгезійні властивості тіста вплив амарантового борошна й гуміарабіку на структурно-механічні властивості тіста для крекерів, вплив амарантового й льняного борошна різної якості на споживчі характеристики та біологічну цінність зтяжного, цукрового, здобного печива [153-155].

Запропоновано часткову заміну пшеничного борошна борошном макуховим з амаранту, що дає змогу вживати ці вироби різним групам населення, особливо хворим на анемію. Розроблено технології мафінів із різними видами безглютенового борошна, зокрема амарантового. Знайшов амарант застосування і в технології бісквітних виробів [156, 157].

Розроблено печиво з цільного амарантового та пшеничного борошна [154], спосіб приготування композиційного печива з амаранту [158], суху безглютенову суміш для виробництва печива, яка містить рисове борошно, амарантове борошно, яблучний порошок, порошок, вибраний із групи, що включає гарбуз, буряковий корінь, морквяний або журавлинний порошки, білий

кристалічний цукор, кулінарну їстівну сіль, лимонну кислоту, розпушувач. Дослідники розробили технологію, що забезпечує приготування суміші шляхом послідовного змішування амарантового борошна, цільного сухого молока, порошку лушпиння какао-бобів, кондитерського жиру й порошку карамелі [159].

В. В. Дорохович, М. Ю. Долюк, К. Р. Лукаш визначали доцільність застосування мальтитола й борошна амаранту в цукровому печиві та їх вплив на органолептичні, фізико-хімічні показники, харчову й енергетичну цінність готових виробів.

За результатами досліджень встановлено, що консистенція тіста для цукрового печива на мальтитолі та амарантовому борошні (у кількості до 20%) подібна до консистенції тіста традиційного печива, характеризується в'язко-пластичними властивостями, і процес замішування тіста не потребує зміни технологічних параметрів. Застосування амарантового борошна в кількості до 20% надає печиву дещо темнішого забарвлення і не має значного впливу на показники вологості, намочуваності та лужності печива [160].

Доведено доцільність внесення амарантового борошна в кількості 25–27 % для приготування бісквітного напівфабрикату, що дозволяє отримати кінцевий продукт із більш рівномірним, тонкостінним, еластичним м'якушем. Досліджено використання у хлібопеченні подрібненого зерна амаранту багряного і білого, попередньо замоченого при  $(20 \pm 1)$  °С, яке вводили в рецептуру від 5 до 30 % до маси пшеничного борошна. Збільшення дозування добавки понад 15 % призводило до нерівномірної пористості, заминання м'якушки і появи стороннього запаху [134].

У роботі Миколенко С. Ю. та інших [133] показано можливість введення 5–10 % амарантового борошна до складу пшеничного хліба для підвищення його біологічної цінності. Визначено оптимальну концентрацію амарантового борошна в рецептурі здобного печива та дріжджового кексу, що становить для печива 8 %, а для кексу – 15 % [161]. Доведено, що додавання повножирового амарантового борошна до складу пшеничного доцільне в кількості до 60 %, що

зменшує твердість печива й поліпшує його органолептичні властивості, у той час як вищі дозування (60–100 % до маси пшеничного) борошна погіршують споживчі якості печива. Використання амарантового борошна для приготування печива значно поліпшувало колір виробів до золотаво-коричневого і з огляду на показники якості оптимальною була визначена 25 % заміна пшеничного борошна на амарантове [162, 163].

У роботі С. Миколенко та інших було досліджено вплив амарантового й льняного борошна різної якості на споживчі характеристики й біологічну цінність затяжного, цукрового та здобного печива. Для дослідження впливу амарантового борошна на якість печива з урахуванням аналізу результатів наукових літературних джерел було прийнято використовувати композитну борошняну суміш зі співвідношенням амарантового борошна до пшеничного як 1:1, 3:5, 1:3 та 1:7.

Амарантове й льняне борошно мають знижену, порівняно з пшеничним борошном, вологість і підвищену водопоглинальну здатність, зумовлену високою адсорбційною здатністю амарантового крохмалю та наявністю льняних некрохмальних полісахаридів, здатних поглинати велику кількість води. Вміст поживних речовин в амарантовому борошні суттєво варіюється та залежить насамперед від технології переробки зерна. Для виробництва печива більш прийнятним є тонкодисперсне борошно, що дозволяє сформувати необхідну структуру тіста та забезпечити текстурні характеристики готової продукції. Використання амарантового борошна доцільне для приготування пластично-в'язкого тіста й виробництва цукрового та здобного печива. Цукрове й здобне печиво, виготовлене на амарантовому та пшеничному борошні при співвідношенні 1:1 і 3:5 відповідно, характеризуються золотаво-коричневим кольором, приємним ароматом, горіховим присмаком і перевершують традиційне пшеничне печиво, незважаючи на незначне зниження намочуваності виробів. Доцільне введення в рецептуру цукрового й здобного печива з амарантовим борошном попередньо гідратованого льняного борошна в кількості 5 %, що додатково поліпшує форму виробів, підвищує їх



намочуваність. Біологічна цінність розробленого печива зростає на 14–16 %, коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу печива – уполовину, зокрема, за рахунок збагачення виробів лізином, треоніном, метіоніном, цистином [155].

У дослідженнях І.А. Пономарева та Л.А. Козубаєва вивчалася доцільність використання борошна з насіння амаранту при виробництві здобного печива. Здобне печиво – борошняний кондитерський виріб різноманітної плоскої або об'ємної форми, з начинкою або без неї, з додаванням цукру та (або) жиру, та (або) яєчних продуктів, та (або) молока та продуктів його переробки, масовою часткою вологи не більше 16 %, масовою часткою загального цукру трохи більше 45%, масовою часткою жиру трохи більше 40%. Борошно з насіння амаранту вносили замість пшеничного борошна в кількості від 5% до 25%, з кроком 5%.

Заміна частини пшеничного борошна на борошно з насіння амаранту практично не вплинула на масову частку вологи печива. Масова частка жиру змінилася з 17,0% до 17,6%. Це пов'язано з тим, що вміст жиру в пшеничному борошні значно менший, ніж у борошні з насіння амаранту. Масова частка цукру із збільшенням дозування в печиві зростала з 20,03% до 22,05%. Це є наслідком вищого вмісту цукру в борошні з насіння амаранту. За додавання борошна з насіння амаранту намокання печива знижувалося порівняно з контролем, проте залишалося в межах норми. Лужність печива з борошном із насіння амаранту зменшувалася, тому що кислотність борошна з насіння амаранту вища за кислотність пшеничного борошна. За результатами досліджень виявлено, що доцільно вносити борошно з насіння амаранту в рецептуру печива в кількості 15% [164].

О.М. Постнова, Т.М. Полковніченко вивчали можливості використання борошна амаранту для виробництва здобного печива й прийшли до висновку, що термічно оброблене борошно амаранту придатне для виготовлення печива, при цьому печиво набуває різних відтінків смаку й кольору, що суттєво розширює його асортимент. Проведені дослідження дозволили встановити оптимальні параметри (температура й тривалість) термічної обробки борошна

амаранту, які сприяють покращенню його функціонально-технологічних властивостей. Так, за температури 120 і 140° С протягом 10–40 хвилин борошно амаранту набуває темнішого кольору (від кремового до світло-коричневого) та приємного горіхового аромату, зменшується водопоглинальна здатність на 8...13% порівняно з необсмаженим. Це пояснюється тим, що термічно оброблене борошно характеризується меншим вмістом водорозчинних фракцій білка й крохмалю. Печиво на основі термічно обробленого борошна амаранту за температури 120°С характеризується новими органолептичними показниками – з'являється горіховий аромат, колір змінюється від світло-жовтого до коричневого [165].

За даними В. Оболкіної при розробці нової технології крекерів підвищеної біологічної цінності застосовували різне дозування амарантового борошна в кількості від 30 до 50% до пшеничного борошна. Фракційний склад борошна з насіння амаранту на 50–70 % складається з альбумінів і глобулінів, що суттєво впливатиме на процес структуроутворення тіста. Внесення амарантового борошна сприяло збільшенню розрідження та зменшенню еластичності тіста, що свідчило про його низькі технологічні властивості. Для коригування структурно-механічних властивостей крекерного тіста застосовували гуміарабік «Fibregum». Молекула гуміарабіку має поліелектролітну природу й виявляє здатність до гідрофобних взаємодій з клейковинним комплексом з утворенням нековалентних зв'язків. Це впливало на властивості клейковини пшеничного борошна й сприяло підвищенню пружно-пластичних властивостей тіста. За результатами досліджень встановлено доцільність додавання 50 % борошна з насіння амаранту та 3,0 % гуміарабіку у виробництві крекерів підвищеної біологічної цінності. Таким чином використання композитних сумішей пшеничного й нетрадиційних видів борошна та додаткового структуроутворювача камеді акації гуміарабіка «Fibregum» при виробництві борошняних кондитерських виробів дає змогу створити новітні технології оригінальної продукції, у тому числі оздоровчого призначення [166].

Вченими ОНАХТ проведені дослідження впливу білкововмісної сировини: альбуміну, амарантового борошна на зміну характеристик випечених бісквітів при зберіганні. Визначено, що заміна меланжу на альбумін, використання амарантового борошна у кількості до 25% зменшує втрату вологи у досліджуваних зразків при зберіганні, що, можливо, зумовлено перерозподілом вологи та зміною форм зв'язку її з гідроколоїдами бісквіта внаслідок збільшення масової частки білка у виробі [167-170].

Вченими НУХТ запропонована технологія амарантового бісквітного напівфабрикату на основі амарантового борошна. Рекомендовано в рецептуру бісквіту вносити борошно амарантове у кількості 24,4-29,9%, що забезпечує відмінні органолептичні й фізико-хімічні показники готових виробів. Фізико-хімічні показники бісквіту амарантового близькі до бісквіту основного й відповідають вимогам ГОСТ 5904-82, що дає змогу його впровадженню у виробництво.

Встановлено, що в бісквіті амарантовому збільшилась кількість незамінних амінокислот, вітамінів групи В, ненасичених жирних кислот. Отримані органолептичні показники показали, що бісквіт з амарантового борошна дозволяє отримати кінцевий продукт з більш рівномірним, тонкостінним, еластичним м'якушем, ніж у контрольному зразку.

Запропоновано удосконалений спосіб приготування бісквітного напівфабрикату, в якому шляхом введення амарантового борошна у співвідношенні пшеничного й амарантового борошна як 3:1, забезпечує підвищення харчової цінності готового продукту. Використання амарантового борошна під час складання борошняних композиційних сумішей для виробництва бісквітного напівфабрикату послаблює клейковину пшеничного борошна і дозволяє отримати м'якуш з добре розвиненою структурою пористості. Збільшення масової частки амарантового борошна в суміші більше 25% призводить до зниження пористості й питомого об'єму досліджуваних напівфабрикатів, що пов'язано із збільшенням масової частки ліпідів, вміст яких в насінні амаранту коливається в межах 7...10%, що й призводить до

зниження стійкості пінної структури бісквітної маси цього рецептурного складу [171-173].

Амарантове борошно використовували в якості функціонального компонента для підвищення харчової цінності вафельних листів. Об'єктами дослідження були вафельні листи, до складу яких вводили борошно з насіння амаранту сорту Кріпиш і суміш борошна з насіння сортів Кріпиш та Валентина. Використання борошна з насіння амаранту дозволяє розширити асортименти вафельних листів. Включення його до рецептури достовірно підвищує поживну цінність готових виробів, покращує їх структурно-механічні властивості. За результатами досліджень встановлено аналітичні залежності, що характеризують вплив рецептурних компонентів на показники якості вафельного листа. Оптимальна частка борошна з насіння амаранту Кріпиш та Валентина при їх одночасному використанні в складі рецептури вафельних листів – 8,0 та 4,0 % відповідно [174].

З метою підвищення харчової цінності макаронних виробів використовували цільнозернове борошно амаранту сорту Каракула в кількості 5, 10, 15 і 20 % від маси хлібопекарського борошна вищого ґатунку.

На підставі комплексної оцінки якості макаронних виробів, що містять 5...10 % амарантового борошна, встановлено, що вони повністю відповідають вимогам державного стандарту. Харчова цінність макаронних виробів, вироблених із суміші, що складається з хлібопекарського борошна та борошна амаранту у співвідношенні 90:10, була вищою за рядом показників біологічної (вміст лізину на 7 %, треоніну – на 2,5 %) мінеральної (кальцію – на 10 %, калію – на 9 %, заліза – на 40 %, фосфору – на 20 %, магнію – на 13 %) та вітамінної (В<sub>1</sub> – на 30 %, В<sub>2</sub> – на 10 %, В<sub>9</sub> – на 10%, Н – на 15%) цінності, а вмістом клітковини був вищим у 3 рази, ніж у виробів із пшеничного борошна.

Внесення 5-10% амарантового борошна до пшеничного борошна підвищує харчову цінність макаронних виробів, вміст білка збільшується на 2,4%, жиру – на 59%, клітковини – на 63%, мінеральних речовин – на 56,4%.

Ю.М. Шогеновим та ін. встановлено зниження тривалості варіння

макаронних виробів, а також зменшення втрати сухих речовин при внесенні в рецептуру до 10% борошна з насіння амаранту і до 5% борошна із шроту амаранту [175].

Додавання до макаронного тіста продуктів переробки амаранту овочевих і зернових сортів здатне не тільки збільшити біологічну цінність готових виробів, а й зменшити показники мікробіологічного обсіменіння готових макаронних виробів.

Дослідження використання цільозернового амарантового борошна в рецептурі макаронних виробів призведе до підвищення вмісту в них клітковини. СО<sub>2</sub>-шрот насіння амаранту в кількості 5% дозволяє одночасно оптимізувати амінокислотний склад макаронних виробів та покращити органолептичні властивості готових виробів [176].

Додатково амарантове борошно може виступати як антиоксидантна добавка для макаронних виробів, збагачених бета-каротином [177].

Отже, у численних дослідженнях відзначається позитивний ефект при заміні частини макаронного борошна на амарантове [178, 179].

У дослідженнях Кирпіченкової О. М. та ін. з розробки борошняного напівфабрикату оздоровчого призначення використано борошно амарантове безглютенове, виготовлене методом дрібного помолу цілого зерна амаранту. Борошняний напівфабрикат для закусок – кошички (коржики, канапки) виготовляли за рецептурою, наведеною у «Збірнику рецептур страв і кулінарних виробів». Зазначене в рецептурі борошно пшеничне вищого сорту чи першого повністю заміняли цільозерновим борошном амаранту. Аналіз харчової цінності розробленого напівфабрикату для закусок показав, що кількість клітковини зросла в 52 рази, кількість кальцію в 12 разів, заліза – в 17,4 рази, магнію – в 18,8 разів. Вміст білка збільшився всього на 9%, але цей білок має значно вищу біологічну цінність [180].

Серед харчових продуктів спеціального призначення особливе місце посідає продукція для категорії людей, у яких є непереносимість певних компонентів їжі (целиакія, цукровий діабет, фенілкетонурія тощо). Асортимент

цієї групи продукції в Україні недостатньо широкий і становить близько 2%, тому дуже актуальним на сьогодні в Україні стоїть питання розробки їх технологій. Нині в нашій країні спеціальні безглютенові продукти створюються з використанням рисового, кукурудзяного, гречаного борошна, проте доступним для цієї групи продукції є й амарантове борошно.

Досліджено вплив диспергованого зерна амаранту, попередньо біологічно активованого шляхом замочування і ферментації, на фізико-хімічні й органолептичні властивості безглютенових бездріжджових хлібців.

Дисперговане зерно амаранту характеризується активним біохімічним комплексом, зростанням вмісту вітамінів і пептидів. Основною проблемою виробництва безглютенових хлібців є забезпечення необхідних структурно-механічних параметрів тіста. Безглютенові види борошна – кукурудзяне, рисове, соєве, соргове, нутове – не містять клейковини, яка має здатність формувати структуру виробів. Це призводить до отримання хлібобулочних виробів низької якості.

Для збагачення безглютенових хлібців на основі суміші рисового і кукурудзяного борошна зерном амаранту було використано дисперговане зерно амаранту сорту «Харківський», попередньо замочене й ферментоване протягом 24 годин. У рецептуру безглютенових хлібців дисперговане зерно амаранту вносили в кількості від 10 до 40% до маси безглютенової борошняної суміші [181, 182].

У результаті пробного випікання зразків із співвідношенням рисового й кукурудзяного борошна 70:30 за стандартною рецептурою і співвідношенням 60:40 і 50:50 встановлено, що доцільніше використовувати борошняну суміш із співвідношенням 50:50. Такі вироби характеризувалися вищою органолептичною оцінкою, мали більш виражений смак із приємними солодкуватим присмаком кукурудзи.

Вологість тіста для дослідних і контрольних зразків безглютенових хлібців коливалася в межах 62–62,5 %. Слід відзначити, що величина упікання, вологості виробів достовірно не відрізнялася для дослідних і контрольних

зразків і становила 0,4–0,5 і 38–41 %. Проте суттєво відрізнялася кислотність безглютенових хлібців, що зростала на 0,1–0,3 град. порівняно з контрольним зразком за використання диспергованої зернової маси амаранту.

Дисперговане зерно амаранту зі збільшенням відсотку дозування впливало на органолептичні якості виробів. Найбільш наближеними за якістю до контрольного зразка були вироби з мінімальним відсотком введення диспергованої зернової маси амаранту до рецептурного складу продукту. Хлібці, збагачені диспергованим зерном амаранту, мали дещо погіршену структуру пористості. Загалом встановлено, що дозування диспергованого зерна амаранту у складі безглютенових хлібців на основі кукурудзяно–рисового борошна має складати менше 20 % до маси борошна [183].

Нині дуже актуальними є розробки нових борошняних кондитерських виробів для споживачів, що дотримуються безглютенової дієти. Метою роботи Е.Ю. Єгорової та І.Ю. Резниченко була розробка харчового концентрату – напівфабрикату безглютенових кексів. Основним об'єктом досліджень було борошно з насіння амаранту, вибір якого зумовлений перевагами хімічного складу порівняно з традиційними промисловими видами безглютенового борошна – рисового та кукурудзяного.

Амарантове борошно вводили в тісто у вигляді однорідної суміші з кукурудзяним або рисовим борошном, в межах від 5,0 до 25,0% від загальної кількості борошна.

За результатами досліджень органолептичних і фізико-хімічних показників якості одержуваних кексів авторами запропоновано оптимальні комбінації кукурудзяного й амарантового борошна, рисового й амарантового борошна. Доведено, що використання як основи тесту кукурудзяного й амарантового борошна у співвідношенні 10,0–12,5 % : 90,0–87,5 % або рисового й амарантового борошна у співвідношенні 15,0–17,5 % : 85,0–82,5 % дозволяє отримувати кекси стандартної якості. З урахуванням цих даних розроблено рецептури напівфабрикатів безглютенових кексів з амарантовим борошном.

За даними розрахунку харчової цінності розроблених рецептур напівфабрикатів безглютенових кексів, у кукурудзяно-амарантовому й рисово-амарантовому кексах покращується співвідношення основних харчових речовин: підвищується вміст легкозасвоюваних безглютенових білків (до 7,9–8,4 г/100 г напівфабрикату) і харчових волокон (до 1,2-3,4 г/100 г напівфабрикату), знижується загальний вміст жирів (у 4-5 разів). На підставі результатів проведених досліджень автори стверджують, що використання амарантового борошна при розробці напівфабрикатів безглютенових кексів дозволяє значно підвищити харчову цінність цих виробів і поповнити асортимент доступних за ціною безглютенових продуктів харчування [184].

### **3.2. Амарант і продукти його переробки в технологіях харчових виробництв**

Для вдосконалення якості продуктів харчування й розширення вже наявного асортименту до складу кондитерських виробів вводяться альтернативні види сировини, які містять у своєму складі збалансований комплекс білків, жирів, вітамінів і мінеральних речовин. Вироблені з такої альтернативної сировини продукти характеризуються більш високими поживними або смаковими властивостями.

А. В. Рижакова, М. С. Головізніна провели дослідження із заміни компонентів кондитерської продукції, у складі якої присутні злакові культури: пшениця, жито, ячмінь, овес – безглютеновою сировиною: амарантом, чіа, кіноа. Вивчення біологічної цінності безглютенової сировини показало, що найбільш цінним із біологічної точки зору є амарант, так як у ньому наявні вітаміни В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, С, РР, Е. В амаранті міститься більше мінеральних речовин і за кількістю, і за якістю, і за вмістом у продукті, ніж у чіа або кіноа.

Амарант є більш поживним та корисним не лише за показниками вмісту білків, жирів і клітковини, але й за вмістом незамінних амінокислот.



Амарантова олія цінна тим, що містить усі види необхідних ненасичених кислот. Поліненасичених кислот в ній більше половини, а мононенасичених – майже чверть.

Автори пропонують розширити асортимент безглютенкових кондитерських виробів, у складі яких буде присутній амарант. Це можуть бути кремові, пралінові цукерки та типу «Асорті», а також збивні. У цих цукерках замість вафельної крихти вводиться амарант, і за органолептичними властивостями, на основі проведеної сенсорної оцінки, цукерки з додаванням амаранту відповідають споживчим вимогам. Беручи до уваги результати сенсорної оцінки, було визначено оптимальну кількість амарантового борошна що вводиться (14%), замість вафельної крихти в уніфікованій рецептурі. Дегустація пралінових цукерок з амарантом виявила, що за смаком, ароматом, структурою й дисперсністю вони переважають цукерки, виготовлені за традиційною рецептурою. Крім того, введення амарантового борошна комплексно сприяє підвищенню харчової цінності цукерок за вмістом білка, мінеральних елементів і вітамінів. Слід зазначити, що у виробництві пралінових цукерок можна використовувати як насіння, так і борошно амаранту [185].

Амарантове борошно може бути використане для покращення якості східних солодоців, а саме щербету. Згідно ДСТУ 4688:2006 він належить до східних солодоців типу м'яких цукерок і представляє собою дрібнокристалічну масу з різноманітними добавками: подрібнені горіхи, кунжут, цукати, какао-порошок.

У національному університеті харчових технологій запропонована технологія приготування щербету з використанням амарантового й кокосового борошна з метою отримання виробів із підвищеною харчовою цінністю, зі зниженою масовою часткою цукру, збільшеним вмістом білку, подовженим терміном зберігання.

Особливістю зерна амаранту є високий вміст крохмалю (до 60 %), який відрізняється своєю структурою і властивостями від крохмалю зернових

культур, кукурудзи, рису. Особливість крохмалю насіння амаранту – багатокутна мікрокристалічна структура з крохмальними зернами правильної кулеподібної форми не більше 1- 3 мкм, що забезпечує його високі водопоглинальні властивості.

Борошно виготовляли шляхом подрібнення шроту амаранту. Шрот – це вторинний продукт отримання олії з насіння амаранту  $\text{CO}_2$  екстракцією, він є цінним джерелом білків, вітамінів і мікроелементів. Борошно, отримане з нативного насіння амаранту використовувати незручно, оскільки воно має невеликий термін зберігання через значний вміст жирів, що швидко псуються.

Основні процеси, завдяки яким утворюється структура щербету, відбуваються на стадії приготування помадної маси. Амарантове борошно вносили під час приготування помадного сиропу замість цукру. У результаті досліджень визначено, що оптимальне дозування амарантового борошна складає 10 % до маси цукру. Використання під час приготування щербету амарантового борошна сприяє зростанню більш міцно зв'язаної вологи в зразках порівняно з контролем, що дозволяє забезпечити якість виробу протягом усього терміну зберігання [186].

Завдяки застосуванню сухих листків амаранту в кількості 0,5–1,0 % від маси сухої речовини готового продукту під час виробництва желейного мармеладу використання желеутворювача скорочується до 30 %, повністю виключається застосування барвників й частково – лимонної кислоти за рахунок високого вмісту органічних кислот. Поліпшуються реологічні властивості мармеладної маси, її фізико-хімічні показники, підвищується вміст вітамінів, незамінних амінокислот й мінеральних речовин. Використання амарантових добавок дозволяє подовжити термін зберігання мармеладу без погіршення якості готових виробів. Такий мармелад має підвищену харчову й біологічну цінність, радіопротекторні властивості, що вкрай необхідно для дітей і дорослого населення, яке постраждало від впливу радіації, а також для працівників, що працюють на підприємствах із шкідливими умовами.

Червоний пігмент амаранту – амарантин може бути застосований як харчовий рослинний барвник. Зелену масу амаранту можна використовувати для отримання етанолу. Інститутом органічної та фізичної хімії розроблено методику жирової екстракції корисних компонентів із сухих листків амаранту. У разі застосування цієї методики максимальна кількість каротиноїдів, що екстрагується, становить 4,6 мг %. Проведений аналіз біологічної цінності екстрактів амаранту на тваринних жирах (норковий) показав його збагачення вітаміном F, компонентами якого є лінолева, ліноленова й арахідонова кислоти [цитовано за 1].

Вивчалася можливість використання амарантового борошна при виробництві соусів для підприємств громадського харчування. У рецептурах страв зазвичай використовується пшеничне борошно, яке не характеризується високою біологічною цінністю й має високу калорійність. У зв'язку з цим проводилися дослідження щодо заміни пшеничного борошна на амарантове, яке характеризується високою біологічною цінністю.

Рецептури соусів із використанням амарантового борошна ґрунтувалися на стандартних рецептурах соусів із «Збірника рецептур». Пшеничне борошно замінювалася на амарантове за масою нетто. Отримані зразки соусів оцінювали за методом органолептичної оцінки якості продукції громадського харчування.

Усі зразки з додаванням амарантового борошна або повною заміною пшеничного борошна на амарантове мали добрі характеристики за органолептичними показниками. Зовнішній вигляд соусів відповідав показникам контрольних зразків: однорідна маса, без грудок борошна, що заварилося, без плівок і жиру, що виступив на поверхні.

Відрізнялися експериментальні зразки соусів від контрольних за кольором, консистенцією, смаком і запахом.

Соус сметанний із томатом й амарантовим борошном був яскравішим, ніж інші соуси, а також мав горіховий присмак. Соус із заміною пшеничного борошна (50:50) за показником кольору практично не відрізнявся від контрольного зразка та мав слабкий горіховий присмак.

Соуси сметанні з амарантовим борошном представляли однорідну масу білого кольору з кремовим відтінком (при повній заміні пшеничного борошна на амарантове – з більш вираженим кремовим відтінком). Соус сметанний із повною заміною пшеничного борошна на амарантове мав легкий горіховий смак.

Соус молочний з амарантовим борошном мав смак і запах, характерний для молочного соусу, без запаху сирого борошна, підгорілого молока, злегка солодкуватий смак і легкий горіховий присмак та аромат. Колір соусу – білий, з більш вираженим кремовим відтінком у порівнянні з контрольним зразком. Колір соусу молочного з амарантовим борошном (50:50) мав колір білий із кремовим відтінком, але не мав горіхового присмаку та аромату.

Використання амарантового борошна впливало на консистенцію соусів – соуси сметанні й молочні з додаванням амарантового борошна були менш в'язкими.

Дослідження показали, що соуси, у рецептурі яких була зроблена заміна пшеничного борошна на амарантове, фактично не відрізняються за масовою часткою жиру, однак зразки з амарантовим борошном відрізнялися підвищеним вмістом сухих речовин у порівнянні з контрольними зразками.

Було проаналізовано амінокислотний склад соусів. Аналіз показав, що використання амарантового борошна підвищує амінокислотний скор соусів.

Проведені дослідження свідчать про перспективність заміни пшеничного борошна на амарантове в сметанних соусах, сметанних із томатом і молочних соусах. Розроблені рецептури соусів можна рекомендувати для використання на підприємствах громадського харчування з метою розширення асортименту, дієтичного харчування для людей, хворих на целіакію, а також для тих, хто веде здоровий спосіб життя [187].

Метою досліджень В.В. Колпакової та інших була розробка технологічних рішень щодо створення молочнокислого напою геронтологічного призначення, який містить продукти фракціонування амарантового борошна з відповідними показниками якості, харчової й

біологічної цінності. Розробка кисломолочного продукту для харчування людей літнього та похилого віку включала фракціонування амарантового борошна на білковий концентрат та жировий компонент, створення на їх основі білково-жирової емульсії, додавання емульсії в молоко, заквашування й отримання йогуртного напою.

Була розроблена рецептура кисломолочного продукту з білковим концентратом і ліпідним компонентом амарантового борошна. За органолептичним та фізико-хімічними показниками продукт відповідав встановленим вимогам як у момент виготовлення так і наприкінці терміну придатності. Продукт містив на 78 % більше повноцінного білка, ніж звичайний кисломолочний продукт, збагачений біологічно ефективними ліпідами з ненасиченими жирними кислотами, включаючи лінолеву, а також сквален, кальцій, залізо, калій. Кількість останніх перевищувала їхню масу у звичайному кисломолочному йогурті на 30% і більше.

Отже, продукт, що містить масло й білковий концентрат з амаранту, водночас із присутністю пробіотиків, мав у своєму складі більшу кількість корисних для організму функціональних інгредієнтів, ніж йогурт масового призначення, тому його можна рекомендувати для харчування людей похилого й літнього віку [188].

Амарант визнаний експертами продовольчої комісії ООН найперспективнішою зерновою культурою 21 століття. Наявність біологічно активних речовин, високий вміст білка, пектину, сквалену, харчових волокон, вітамінів, незамінних амінокислот робить амарантове борошно цінною сировиною для кисломолочних продуктів.

Незаперечна перевага амарантового борошна в порівнянні із зерновими культурами полягає в повній відсутності глютену, що дозволяє рекомендувати амарантове борошно для харчування як здорових осіб, так і хворих на целиацію [189].

Вивчали можливість використання амарантового борошна при виробництві сметанного продукту. Сметаний продукт – це молоковмісний

продукт із заміником молочного жиру, вироблений за технологією сметани. Додавання рослинних компонентів може надати продукту функціональну спрямованість.

Використання продуктів переробки амаранту при виробництві функціональних молочно-рослинних продуктів дозволить отримати збагачені вітамінами, мінеральними речовинами, органічними кислотами й харчовими волокнами продукти, що містять збалансований за амінокислотним складом білок, що легко засвоюється.

У дослідженнях вивчався вплив масової частки амарантового борошна на процеси ферментації вершково-рослинних сумішей. Встановлено, що процес кислотоутворення у вершково-рослинних сумішах із наповнювачами відбувається інтенсивніше, ніж у контрольному зразку. Зі збільшенням дози амарантового борошна прискорюється процес утворення згустку та підвищується кислотоутворююча здатність заквашувальної мікрофлори. Так, у зразках із масовою часткою амарантового борошна від 1 до 5 % після 8-10 годин сквашування титрована кислотність склала відповідно від 68 до 75 °Т (у контрольному зразку – згусток утворився після 12 годин із кислотністю 65 °Т).

Відзначено ростостимулюючий вплив амарантового борошна на молочнокислі бактерії, так як воно характеризується багатим хімічним складом амарантового борошна і тривалістю впливу теплової обробки вершково-рослинної суміші [190].

Останнім часом особлива увага приділяється розробці й впровадженню кисломолочних продуктів функціонального призначення для різних груп населення. Одним із шляхів підвищення якості та розширення асортименту кисломолочних продуктів є використання нетрадиційної рослинної сировини, що містить у своєму складі збалансований комплекс білків, ліпідів, мінеральних речовин, вітамінів, має високі поживні властивості й хороші смакові характеристики.

Амарант – дуже перспективний вид рослинної сировини для отримання широкого асортименту різних харчових добавок функціонального призначення

є амарант. У дослідженнях Т.М. Євстигнєєвої та Ф.Б. Хомідова вивчався вплив компонентного складу кисломолочного напою з борошном амаранту на формування якості продукту.

Одним із завдань дослідження було вивчення впливу масової частки борошна амаранту на процеси ферментації молочно-рослинної суміші, а також показники якості продукту. У ході проведення експерименту дозу амарантового борошна варіювали від 1 до 6% з кроком 1%.

Зазначено, що внесення наповнювача дещо активізувало процес кислотонакопичення в сумішах, суттєво збільшило в'язкість згустків, підвищило вологоутримуючу здатність молочно-рослинних згустків. За результатами проведених досліджень зроблено висновок про те, що при виробництві кисломолочних напоїв із борошном амаранту доза наповнювача не повинна перевищувати 4% [191].

Розроблено технології комплексної переробки всієї надземної частини – насіння й листя. Г. І. Космінський із співавторами розробили рецептуру нового виду пива з використанням 30% амаранту у вигляді борошна з його насіння для отримання напою із зниженим вмістом глютену [192].

Г.Г. Соколенко, Е.С. Шилова розробили технологію спеціального пива з використанням листя амаранту для надання йому антиоксидантних властивостей та нових смакових відтінків. Вивчаючи вплив екстракту амаранту на пивні дріжджі, було встановлено, що вміст у пивному суслі 1% водного екстракту листя амаранту збільшувало вихід біомаси дріжджів на 19%, підвищувало кількість вгодованих клітин на 10%, знижувало вміст мертвих клітин більш ніж у 2 рази. Було отримано світле пиво «Амарантне» шляхом зброджування сусла, що містить екстракт амаранту. Визначено його фізико-хімічні показники, які відповідали нормативним вимогам. Органолептичний аналіз показав, що пиво «Амарантне» має гармонійний смак із м'якою хмелевою гіркотою, чистим свіжим запахом, з'явився свіжий, злегка відчутний аромат лайма, що гармонійно поєднується з солодовим смаком, колір із вираженим золотистим відтінком. Отримане пиво має висоту піни 45мм,

піностійкість 4 хв 20 с. Автори вважають, що використання листя амаранту дозволяє отримати функціональне пиво з високими органолептичними властивостями, збагачене антиоксидантними сполуками [104].

М.М. Данина та інші вивчали біохімічний білково-ліпідний склад амарантового борошна й прийшли до висновку, що воно може використовуватися в пивоварінні. У дослідженнях визначали оптимальну кількість амарантового борошна при розробці рецептури пива. Використовували амарантове борошно двох видів: білкове й вуглеводне. Доведено, що внесення амарантового борошна в кількості 20% від засипки зернопродуктів призводить до збільшення екстрактивності першого сусла й незначного зниження вмісту спирту. В ароматі пива відчувався цитрусовий і солодовий відтінки [193].

Насіння амаранту містить унікальний крохмаль, гранули якого мають розмір приблизно 1 мкм із досить гладкою поверхнею. Гранули крохмалю інших культур у кілька разів більше. Крім того, відомо, що крохмаль амаранту значною мірою схильний до впливу амілолітичних ферментів. Такий розмір і властивості гранул крохмалю дозволяють використовувати його в пивоварінні [194, 195].

Численними науковими дослідженнями підтверджено доцільність поєднання м'ясної та рослинної сировини при створенні лікувально-профілактичних продуктів, оскільки харчова й біологічна цінність їх цілеспрямовано наближена до фізіологічних потреб людини. Для лікувально-профілактичного, дієтичного та дитячого харчування досить часто рекомендують використовувати гомогенізовані й структуровані м'ясо-рослинні продукти, зокрема суфле.

В. Ю. Лисяк, А. М. Геречук вивчали перспективність та обґрунтованість використання амарантового борошна в якості функціонального збагачувача для м'ясних продуктів. Були розроблені раціональні рецептури й технологія приготування м'ясомісткого суфле на основі білого м'яса курчат-бройлерів (грудного філе) з використанням амарантового борошна в кількості 5...20 %.



Порівняльний аналіз органолептичних показників модельних зразків суфле показав, що зразки з внесенням 10 % і 15 % амарантового борошна мають найкращі якісні показники, зокрема відмінний зовнішній вигляд, соковиту й оптимальну пористу консистенцію, гармонійні смако-ароматичні властивості. Зразок з 20 % амарантового борошна мав занадто виражений зерновий присмак амаранту [196, 197].

Розроблено чайні продукти, збагачені листовою масою амаранту. Метою досліджень був пошук збагачення чорного байхового чаю флавоноїдами інших рослин, що містять їх у більшій концентрації, ніж чай. Однією з таких рослин є амарант. У його листі виявлено великий набір природних антиоксидантів: амарантін, аскорбінова кислота, селен, каротиноїди, метіонін, рутин і мікроелементи. Листя амаранту містить також від 18 до 30% високоякісного білка, добре збалансованого за амінокислотами. Цінною якістю листя амаранту, яке й послужило основним критерієм використання його для збагачення складу чорного байхового чаю, є досить високий вміст флавоноїдних сполук (крім великої кількості білка, пектину й алкалоїду амарантіну).

На основі флавоноїдів чорного байхового чаю та листя амаранту була розроблена композиція чайного напою «Чорний байховий чай із листям амаранту». Додавання до чорного чаю листя амаранту збагачує новий чайний продукт флавоноїдами більше ніж у 1,5 рази.

Отже, використання листя амаранту як добавки до чорного байхового чаю дозволяє отримувати якісно нові чайні продукти з підвищеним вмістом флавоноїдів, що мають високу Р-вітамінну й антиоксидантну активність. Крім цього, завдяки додаванню листя амаранту нові види чаю характеризуються також високим вмістом білка, пектину, амінокислот (у тому числі незамінних), аскорбінової кислоти, кальцію, заліза й органічного кремнію, що є принципово новим у порівнянні з традиційним чаєм.

Загалом можна відзначити успішне застосування амаранту в харчових технологіях завдяки докладному вивченню властивостей сировини. Використання амаранту у традиційних рецептурах виробів масового

споживання сприяє підвищенню їх харчової та біологічної цінності, що є одним із способів коригування незбалансованості раціонів харчування населення.

Огляд ринку збагачених виробів показує зацікавленість у збільшенні частки їх не тільки на державному рівні, а й серед самих споживачів. Для коригування раціонів харчування населення потрібне певне насичення хлібобулочного асортименту збагаченими виробами (до рівня 50% від загального обсягу), водночас такі вироби повинні відповідати вимогам споживачів до зовнішніх та смакових характеристик, їх вартості [198].

Отже, результати проведених досліджень дозволяють зробити висновки, що амарант – багатофункціональна культура, яка має широкі перспективи використання, як у сільськогосподарському виробництві, так і в харчовій промисловості.

## ВИСНОВКИ

1. Амарант – цінна кормова культура. Вона добре поїдається сільськогосподарськими тваринами, в 1 кг сухої речовини вегетативної маси амаранту в фазу початку цвітіння міститься 12,94% протеїну, 1,56% жиру, 42,27% безазотистих екстрактивних речовин, 29,34% клітковини, 13,89% зольних елементів.

2. Хімічний склад вегетативної маси амаранту змінюється в залежності від фази вегетації. Так, вміст сухої речовини збільшується з 145,6 г/кг в період стеблування до 238,3 г/кг в період масового цвітіння, але вміст сирого протеїну при цьому знижується відповідно з 15,31 до 9,79%, а сирі клітковини підвищується з 25,98 до 36,67%. Інтенсивне накопичення клітковини в рослині спостерігається в період масового цвітіння.

3. Амінокислотний склад протеїну листя амаранту залежить від фази вегетації. Збалансованість білків за амінокислотним складом в початковій фазі росту амаранту нижча, ніж білків, які сформувалися в рослинах, що вступили в фазу цвітіння.

4. Перетравність поживних речовин вегетативної маси амаранту в значній мірі залежить від фази його розвитку. З розвитком рослини, починаючи з фази стеблування, поступово знижується перетравність сухої, органічної речовини та протеїну відповідно на 10,0, 7,1 і 13,6%. Найвищу перетравність клітковини має вегетативна маса амаранту у фазі стеблування – 61,0%. В фазі початку викидання волоті і початку цвітіння відмічається значне зниження перетравності клітковини (до 45,6 і 49,7%).

5. Загальна поживність 1 кг вегетативної маси амаранту залежить від фази вегетації і змінюється в міру росту рослин від 0,11 до 0,12 кормових одиниць і від 16,4 до 13,6 г перетравного протеїну.

6. Подрібнення, прожарювання та екструдуювання суттєво не впливають на хімічний склад зерна амаранту та його поживну цінність.

7. Включення подрібненого зерна амаранту до зернових раціонів знижує коефіцієнти перетравності свинями сухої і органічної речовини відповідно на 4,2 та 5%, клітковини – на 5,4%. При цьому збільшився коефіцієнт перетравності жиру на 26,4%. Згодовування в складі зернових раціонів прожареного і екструдованого зерна амаранту суттєво не вплинуло на перетравність сухої і органічної речовини, безазотистих екстрактивних речовин, але призвело до зниження перетравності протеїну на 4,2%, жиру – на 20,8%, відмічається тенденція до підвищення перетравності клітковини в порівнянні з подрібненим зерном.

8. Заміна в раціонах свиней зерна гороху на зерно амаранту не вплинула суттєво на ретенцію азоту в організмі свиней. Прожарювання і екструдювання зерна амаранту також не впливає на рівень засвоєння азоту в порівнянні до подрібнення.

9. Заміна за поживністю горохової дерті на дерть натурального зерна амаранту підвищує інтенсивність росту свиней при відгодівлі. Тварини, що утримувалися на раціонах з зерном амаранту мали вищі середньодобові прирости (на 8,2%) порівняно з тваринами контрольної групи.

10. Згодовування зерна амаранту свиням в складі зернових раціонів не впливає на показники азотного, вуглеводного, ліпідного та мінерального обмінів в їх організмі, на забійні якості та хімічний склад м'яса.

11. Амарант – культура з унікальним хімічним складом, яка відкриває перспективи підвищення харчової цінності хлібобулочних, макаронних, борошняних кондитерських і інших виробів повноцінними за амінокислотним складом білковими речовинами, ліпідами, вітамінами, мінеральними компонентами і іншими фізіологічно необхідними речовинами. Технології комплексної переробки зерна амаранту дозволяють отримати продукти харчування підвищеної харчової і біологічної цінності.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гопцій Т.І., Воронков М.Ф., Бобро М.А. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія. Харків: ХНАУ, 2018. 362 с.
2. Демидась Г.І., Слюсар І.Т. Нетрадиційні кормові культури. К.: НУБіП України, 2019. 190 с.
3. Гопцій Т.І. Амарант: біологія, вирощування, перспективи використання, селекція: монографія. Харків. 1999. 273 с.
4. Пресняков С.В. Особенности выращивания сахарного сорго в совместных посевах с амарантом в северной степи Украины. *Проблеми вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі*: матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 1995. С. 50–51.
5. Saunders R.M., Becker R. Amaranthus: A potential food and feed resource. *Advances in cereal science and technology*. 1984. V. 6. P. 357-386.
6. Амарантова хвиля: в Україні зростають площі під посівами амаранту. URL: <https://agroday.com.ua/2019/10/30/amarantova-hvylya-v-ukrayini-zrostayut-ploshhi-pid-posivamy-amaratnu/>
7. Хазем Калаи Х., Боса К., Гроховска А. Щирица (амарант) – одна из первых сельскохозяйственных культур, выращиваемая человеком. *Зерно. Журнал сучасного агропромисловця*. 2010. № 7. URL: <https://www.zernoua.com/journals/2010/iyun-2010-god/shchirica-amarant-odna-iz-pervyh-selskohozyaystvennyh-kultur-vyrashchivaemaya-chelovekom/>.
8. Хохлачов В.В. Хліб на день прийдешній : секрет амаранту. *Вісник Академії наук України*. 1992. № 2. С. 16–22.
9. Вавилов Н.И. Происхождение и география культурных растений. Л.: Наука, 1987. 440 с.
10. Шмалько Н.А., Бочкова Л.К., Росляков Ю.Ф. Перспективы использования вторичных продуктов комплексной переработки семян амаранту в хлебопечении. *Хранение и переработка зерна*. 2004. № 1(55). С. 47-48.

11. Grubben G.J.H., Sloten D.H. Genetic resources of amaranth: A global plan of action. AGP:IBPGR/80/2. Int. Board for Plant Genet. Resources. FAO. Rome, Italy. 1981. 57 p.
12. Kulakow P.A., Jain S.K.J. Grain amaranth crop species, evolution and genetics. In: *Proc. Fourth Amaranth Conf.* Minnesota. Agr. University Minnesota, St Paul. 1990.
13. Tucker J.B. Amaranth: the once and future crop. *Bioscience*. 1986. № 36. P. 59-60.
14. Williams J.T., Brenner D. Grain amaranth (*Amaranthus* species). *Cereals and pseudocereals*. Chapman and Hall, London. 1995. P 129–186.
15. Baltensperger D. Nebraska proso, sunflower and amaranth variety tests. *David and Frickel Glen*. 1991. 13 p.
16. Myers R.L. Regional amaranth variety test. Legacy. *The Official Newsletter of the Amaranth Institute*. 1994. V. 7. №. 1.
17. Sealy R.L., Williams E.L., Novak J. Vegetable amaranth: cultivar selection for summer production in the south. *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR.. 1990. P. 396–398.
18. Martinez M.A., Evangelista V., Mendoza M.A. Catalogo de plantas utiles de la Sierra Norte de Puebla, Mexico. *Cuardernos del instituto de Biologia*. 25 Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Mexico D.F, 1995.
19. Pond W.G., Lehman J.W., Elmore R. Feeding value of raw or Heated grain amaranth gremplasm. *Anim. Feed Sci. Technol*. 1991. V. 33. P. 221–236.
20. Коваленко С.Г., Петрик С.П., Ружицька І.П. Вид антропофітів флори Одеси і чорноморських портів на прикладі родини Amaranaceae та Astraceae: тез. Доп. ІХ з'їзду УБТ. 1992. С. 25.
21. Устименко Б.И. Амарант – кладовая протеина. *Перша Всеукраїнська науково-практична конференція по проблемі вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі*: тез. доп. Вінниця, 1995. С. 23.

22. Овсієнко С.М. Хімічний склад, перетравність поживних речовин і продуктивна дія вегетативної маси та зерна амаранту : дис. ... канд. с-г наук : 06.00.16. Інститут кормів УААН. Вінниця, 1997. 154 с.
23. Михеева Л.А., Брынских Г.Т., Якубова А.Р. Экстракция амарантового масла и изучение его физико-химических свойств. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2014. № 3. С. 127-132.
24. Станкевич Г.М., Валентюк Н.О. Визначення посівних якостей зерна амаранту в залежності від способу та умов сушіння. *Актуальні проблеми розвитку аграрної освіти і науки та підвищення ефективності агропромислового виробництва*: зб. матеріалів міжнарод. науково-практич. конференції, 20-21 вересня 2018 р. Одеса, 2018. С.55-56.
25. Бабич А.О. Кормові і білкові ресурси світу. К.: Урожай, 1995. 298с.
26. Бабич А.О., Бугайов В.Д. Культура амаранту в Україні. *Перша Всеукраїнська науково-практична конференція по проблемі вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі*: тези доп. Вінниця, 1995. С. 5-8.
27. Вудмаска В.Ю., Прилуцький П.П. Визначення поживності кормів у господарстві. К.: Урожай, 1975. 136 с.
28. Магомедов И.М., Чиркова Т.В. Амарант – прошлое, настоящее и будущее. *Успехи современного естествознания*. 2015. № 1. С. 1108-1113.
29. Високоолійні сорти амаранту. URL: <http://amaranth-association.com/>
30. Капустіна К. Вирощування амаранту. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/530-viroschuvannya-amarantu>
31. Рахметов Д., Рибалко Я. Амарант знову нагадує про себе. URL: <https://propozitsiya.com/ua/amarant-znovu-nagaduie-pro-sebe-0>
32. Ронська Н. Високоолійні сорти амаранту. URL.: <http://amaranth-association.com/%D0%B2%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96-%D1%81%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B8-%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%82%D1%83/>

33. Дегтярева И.А., Алимова Ф.К., Зарипова Л.П. Влияние типа растительной формации на микрофлору силоса. *Химия и компьютерное моделирование*. 2005. № 5.
34. Мирошниченко Л.А., Белоусов В.И., Шаталов Е.П. Пища должна быть лекарством, а лекарство пищей. *Аграрная тема*. 2012. № 9 (38). С. 28-30.
35. Чернов И.А., Куликов Ю.А., Жарковский А.П. Амарант как источник высококачественного растительного протеина. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*: матер. II междунар. симпозиума. Пущино, 1997. Т. 1. С. 32-33.
36. Саратовский, Л.И. Амарант: Методические рекомендации. 2010. 36 с.
37. Sindhu R. I., Khatkar B. S. Characterization of Amaranth (*Amaranthus Hypochondriacus*) Starch. *Engineering Research & Technology*. 2016. Vol. 5. P. 463–469.
38. Солоненко Л.П., Железнов Н.Б., Железнов А.В. Химический состав растений различных видов амаранту. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*: матер. II междунар. симпозиума. Пущино, 1997. С. 28-30.
39. Офицеров Е.Н., Костин В.И. Углеводы амаранту и их практическое использование. 2001. 179 с.
40. Cordero-de los Santos M.G., Osuna-Castro J.A., Borodanenco A. Physicochemical and functional characterization of amaranth (*amaranthus hypochondriacus*) protein isolates obtained by isoelectric precipitation and micellisation. *Food Sci. Tech. Inf.* 2005. № 11(4). P. 269-280.
41. Jane J.L., Chen J.F. Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch. *Cereal Chemistry*. 1999. V.76. P. 629-637.
42. Камышева И.М. Углеводы амаранту. *Масложировая промышленность*. 2004. №3. С. 6-9.
43. Железнов, А.В. Амарант – хлеб, зрелище и лекарство. *Химия и жизнь*. 2005. №6. С. 56-61.



44. Быков С.Ф., Давиденко Е.К., Быков Ю.В. Семена амаранту – новое масложировое сырье. *Масла и жиры*. 2006. № 10. С. 4-8.
45. Мирошниченко Л.А., Кадыров С.В., Лященко Г.А., Золоедов В.И. Амарант – перспективная культура. *Зерновое хозяйство*. 2007. № 2. С. 29-31.
46. Мартишкин В.В. Технология и оборудование для переработки амарантового масла. *Масла и жиры*. 2006. № 2. С. 8-9.
47. Ахмед-Заде А.Ш., Мамедов Н.А. Препаративное получение сквалена из амарантов. *Первая республиканская биохимическая конференция*. Баку: Элм, 1990. С. 33.
48. Кулакова С.Н., Гаппаров М.М., Викторова Е.В. О растительных маслах нового поколения в нашем питании. *Масложировая промышленность*. 2005. № 1. С. 2-6.
49. Зеленков В.Н., Офицеров Е.Н., Михеева Л.А. Амарант – источник биогенного кальция. *Химия и компьютерное моделирование*. 2001. № 5.
50. Зеленков, В.Н. Особенности химического и минерального состава водорастворимых сухих экстрактов из амаранту (*Amaranthus cruentus*). *Химия и компьютерное моделирование*. 2001. № 5.
51. Громова В.Ф., Шаповал Г.С., Миронюк И.Е., Нестюк Н.В. Антиоксидантные свойства лекарственных растений. *Хим. фарм. журн.* 2008. № 1. С. 26-29.
52. Волкова Л.А., Маевская С.Н., Бургутин А.Б., Носов А.М. Влияние экзогенных стероидных гликозидов на культивируемые клетки картофеля при окислительном стрессе. *Физиология растений*. 2007. Т. 34. № 5. С. 15-17.
53. Молчанова А.В., Пивоваров В.Ф. Водорастворимые антиоксиданты листьев амаранту и влияние БАВ на их содержание в онтогенезе. *Вестник академии сельскохозяйственных наук*. 2011. № 5. С. 43-45.
54. Kim M.K., Lee M.S. Volatile flavor of *Ixeris dentate* and *Amaranthus mangestanus*. *J. of Korea Agricultural chemical society*. 1988. V. 31 (4). P. 394-399.

55. Connie W.J., Bradow J.M., Legendre M.G. Identification of volatile allelochemicals from *Amaranthus palmeri* S. Wats. *Journal of Chemical Ecology*. 1987. Vol. 13. № 3. P. 463-472.
56. Strack D., Leicht P., Bokem M. Hydrocinnamic acid esters of isocitric acid: accumulation and enzymatic synthesis in *Amaranthus cruentus*. *Phytochemistry*. 1987. № (26) 11. P. 2119-2122.
57. Rodal R. Amaranth. Modern prospects for on Ancient Crop. *Rodal Press*. 1985. 42 p.
58. Артюхов А.И., Гапонов Н.В. Ферментированная смесь люпина, рапса и тритикале в кормлении молодняка свиней. *Свиноводство*. 2010. №6. С. 30-31.
59. Holonbek J., Podhorsky M., Arent E., Koudela K., Holonbek M. Белковый концентрат из люцерны, как экологический стимулятор роста цыплят бройлеров. *Zivoc Vyroba*. 1995. N 2. P. 79-82.
60. Токарев В.В., Третьяков С.В., Игнатьева Л.П., Мошкучело И.И. Препарат «Экофилтрум» в системе выращивания поросят. *Свиноводство*. 2010. № 7. С. 31-32.
61. Прокопенко Л.С., Кирьяченко С.П., Олоничева Р.В. Переваримость питательных веществ вегетативной массы кормовых сортов амаранту. *Новые нетрадиционные растения и перспективы их использования: III Международный симпозиум*. Пущино. 1999. С. 127-130.
62. Ologunde M.O. Biodisponibilidad del hierro para la dela harina de granos de amaranto. *El Amaranto El Su Potential*. 1992. N 3-4. P. 20-21.
63. Жуков Ю.А., Хируг С.С. Изменение функционального состояния сердечнососудистой системы животных при кормлении их амарантом *Амарант: агроэкология, переработка, использование*. 1993. С. 89-92.
64. Сидорова, К.А. Кормовые добавки в рационах кроликов. *Ветеринарный врач*. 2008. № 6. С. 51-53.
65. Горбунов С., Чабаев М., Кудашев И. Травяная мука из амаранту в кормлении поросят-отъемышей. *Свиноводство*. 2007. № 4. С. 20-21.

66. Победнов Ю.А. Силосование амаранту. *Кормопроизводство*. 1997. № 5-6. С. 25-29.
67. Гурин В.К., Яночкин И.В. Силос из амаранту и люпина в смеси с кукурузой в рационах бычков. *Зоотехния*. 2005. № 7. С.11-13.
68. Чабаев М.Г., Асташов А.Н. Силос из сорго сахарного и кукурузы в смеси с амарантом в рационах коров. *Молочное и мясное скотоводство*. 2007. № 8. С. 5-6.
69. Трухачев В.И., Миляев В.Е. Эффективность использования силоса из двухкомпонентных смесей в рационах лактирующих коров. *Кормопроизводство*. 2012. № 3. С. 35-37.
70. Дергаусов В.И. Амарант - культура перспективная. *Масла и жиры*. 2006. №2. С. 7.
71. Трухачев В.И., Миляев В.Е. Эффективность использования силоса из двухкомпонентных смесей в рационах лактирующих коров. *Кормопроизводство*. 2012. № 3. С. 35-37.
72. Гурин В.К., Яночкин И.В. Силос из амаранту и люпина в смеси с кукурузой в рационах бычков. *Зоотехния*. 2005. № 7. С.11-13.
73. Кадошніков С. І., Мартирисян Д. М., Кадошнікова І. Г., Чернов І. А. Дослідження використання силосу рівнинного і комбінованого амаранту в онтогенезі. В: LEGACY. *Офіційний інформаційний бюлетень Інституту Амаранту*. 2001. Том XIV. № 1.
74. Царик, З.О. Использование зерна амаранту в рационах цыплят бройлеров. *Перша Всеукраїнська науково-практична конференція по проблемі вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі: тези доп.* Вінниця, 1995. С. 78-79.
75. Pisarikova B., Lraly L., Krasmar S. The use of amaranth (genus *Amaranthus* L.) in the diets for broiler chickens. *Vet. Med.* 2006. № 51 (7). P. 399-407.
76. Черных Р.Н., Пепелина В.А. Мука из семян рапса и амаранту в комбикормах для цыплят-бройлеров. *Зоотехния*. 1996. № 12. С. 16-17.

77. Хомин М.М., Царик З.О., Гуменюк В.В. Семена амаранту – ценный компонент в рационах молодняка гусей. *Перша Всеукраїнська науково-практична конференція по проблемі вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі*: тези доп. Вінниця, 1995. С. 79-80.
78. Feine L.B. Harwood R.R., Kauffman C.S. and Senfit J.P. Amaranth, gentle giant of the past and future. In: *New Agricultural crops*. 1979. P. 41-63.
79. Fraga L.M., Ramos N., Venereo M., Valdivie M., Martinez R.O., Sistachs M. Amaranthus (A. Cruentus) Forage Meal in Diets for Broilers. *Cuban Journal of Agricultural Sciens*. 1993.27:2 (Jul.). P. 193-198.
80. Пономаренко Н.В., Цехмістренко С.І., Поліщук В.М., Яремчук Т.С. Вплив насіння амаранту на організм за умов експериментального стресу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2012. Випуск 4. Т. 2. Ч. 2.
81. Цехмістренко С. І., Пономаренко Н. В. Вплив додавання до раціону перепелів зерна амаранту на ліпідний склад тканин підшлункової залози, скелетних м'язів та жовтка яєць. *Український біохімічний журнал*. 2007. Т. 79. № 4. С. 100-113.
82. Цехмістренко С., Пономаренко Н. В., Чубар О.М. Вплив насіння амаранту на організм за умов експериментального стресу. *Сучасне птахівництво*. 2009. № 11-12 (84-85). С. 19-22.
83. Выштакалюк А.Б., Минзанова С.Т., Соснина Н.А., Миронов В.Ф. Повышение питательной ценности фитомасы амаранту за счет гидролиза-экстракции в аппаратах роторно-пульсационного типа. *Химия и компьютерное моделирование*. 2010. №2. Т.19. С. 26-32.
84. Костомахин Н., Иванов А. Использование травяной муки в кормлении разных видов сельскохозяйственных животных. *Главный зоотехник*. 2013. № 9. С. 27-32.
85. Колесник Н., Полищук А. Малораспространенные кормовые культуры в свиноводстве. *Свиноводство*. 1996. № 3. С. 11- 12.
86. Караев А., Тменов И., Хохов Р. Амарант – идеальный корм. *Свиноводство*. 1997. № 2. С. 10-12.

87. Lraly L. Effect of feeding amaranth on growth efficiency and health of market pigs. *Acta Vet.* 2004. P. 437-444.
88. Горбунов С., Чабаев М., Кудашев И. Травяная мука из амаранту в кормлении поросят отъемышей. *Свиноводство.* 2007. № 4. С. 20-21.
89. Зинченко Л.И., Фролова А.С. Изменения аминокислотного состава протеина кормов при хранении. *Сельскохозяйственная биология.* 1987. № 7. С. 83-87.
90. Гамидов М.Г., Черкасов В.Г., Быстрова Е.Г., Цыбанков С.А., Дроздова М.Ю. Как обогащают несбалансированные рационы. *Свиноводство.* 2010. №1. С. 40-41.
91. Gebhardt G. Eiwei – und Aminosauenverwertung in Beziehung zum stoffw ecksel der lim itirenden aminosauere. *Arch. Tierernahr.* 1980 30.№ 13 . P. 63-71.
92. Бурлаку Г. Главные современные системы по оценке питательности кормов и кормовые нормы для жвачных. Бухарест. 1982. 127 с.
93. Saunders R., Becker R. Amaranthus: a potential food and feed resource. *Advances in Cereal Science and Technology.* 1984. v. 6. P.357-396.
94. Correa A. Estuda da proteina e de qutros constitudentes da simente de algumas espesies del amaranto. *Federal Univ. Brazill.* 1983. 78 p.
95. Максаков В.Я., Булгаков В.Є. Раціональне використання концентрованих кормів. К.: Урожай, 1985. 72 с.
96. Девяткин А.И. Рациональное использование кормов. М.: Росагропромиздат, 1990. 252 с.
97. Бугаев В.Д. Амарант. Селекция и семеноводство. Характеристика сортов. УкрИНТЭИ, 1993. С. 6-13.
98. Бабич А.А., Олоничева Р.В., Прокопенко Л.С., Пирин Н.И., Бугаев В.Д., Кирьяченко С.П. Аминокислотный состав протеина зерна амаранту. *Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: Материалы II Международного симпозиума.* Пуццино. 1997. Т. 1. С. 35-37.

99. Лазаревич П.В., Бала В.І. Контроль за годівлею сільськогосподарських тварин. К.: Урожай, 1975. 160 с.
100. Холод Т., Капрельянц Л. Перспективи використання нетрадиційної рослинної сировини у технології білковмісних харчових продуктів. *Вісник Львівського університету*. 2016. Вип. 73. С. 446–446.
101. Рыжакова А.В., Головизнина М.С. Использование альтернативных видов сырья при создании безглютеновой кондитерской продукции. *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2019. № 3 (45). Том 12. С. 42-48.
102. Колпакова В.В., Чумикина Л.В. Компоненты амарантовой муки как составные части молочнокислого напитка геронтологического назначения. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*. 2018. №13. С. 625-629.
103. Рябова А.В., Нелепов Ю.Н. Новая начинка для мясных полуфабрикатов в тесте. *Мясная индустрия*. 2015. №6. С. 21-23.
104. Соколенко Г.Г., Шилова Е.С. Разработка технологии пивного напитка с использованием листьев амаранту. *Пиво и напитки*. 2015. №4. С. 62-65.
105. F.F. Dinssa et al. Effect of leaf harvest on grain yield and nutrient content of diverse amaranth entries. *Scientia Horticulturae* . 2018. 236. P. 146–157.
106. Кучер А.С., Троцкая Т.П., Ануфрик С.С., Анучин С.Н. Исследование влияния амарантовой муки на качество хлебобулочных изделий. *Пищевая промышленность: Наука и технологии*. 2018. №3(41). С. 44-52.
107. Мелешкина Е., Меньшенин А., Медведев А. Амарантовая мука в хлебопечении. *Наука. Техника. Производство*. 2005. № 10. С.43-44.
108. Мартиросян В.В. Применение нетрадиционного сырья в технологии хлеба. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2008. № 2-3. С.38-39.
109. Важненко Г. І. Амарантова продукція корисна і промислового, і домашнього приготування. *Асоціація амаранту*. 2020. № 35. С. 45–48.
110. Iftikhar M., Khan M. Amaranth. Bioactive Factors and Processing. *Technology for Cereal Foods*. 2019. P.217–232.

111. Сирохман І. В., Лозова Т. М. Наукові спрямування у поліпшенні споживних властивостей та якості борошняних кондитерських виробів. *Наукові праці НУХТ*. 2008. № 25. С. 40–43.
112. Жаркова И.М. Научно-практическое обоснование и разработка технологий специализированных мучных изделий: дис ... д-ра техн. наук: 05.18.01. Краснодар, 2017. 453 с.
113. Иоргачева Е., Макарова О. Композиции из основного и нетрадиционного мучного сырья для оптимизации потребительских свойств кондитерских изделий. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2009. №2. С. 7-8.
114. Ковалева Л.И., Евгеньева Ю.Е. К вопросу об обогащении продуктов хлебопечения белками. *Вестник индустрии гостеприимства*. 2016. В. 1. С. 92-99.
115. Ромашко Н.Л., Чалова И.А., Шмалько Н.А. Использование продуктов помола зерна амаранту в хлебопечении. *Международный журнал экспериментального образования*. 2010. №8. С. 157-158.
116. Лобода А.В., Никонович С.Н., Тимофеенко Т.И., Гринь А.В., Шахрай Т.А., Гринь Н.Ф. Семена амаранту – перспективный источник биологически активных веществ. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*. 2000. № 1. С. 21-23.
117. Шмалько Н.А., Дроздовская Н.А., Чалова И.А., Ромашко Н.Л. Перспективы использования амарантовой белковой муки в хлебопечении. *Техника и технология пищевых производств*. 2009. № 1. С. 1-3.
118. Ружило Н.С. Использование семян амаранту в хлебобулочных изделиях. *Пищевая промышленность*. 2015. № 12. С. 56-58.
119. Вознюк Е. В., Иванченко О. Б., Доморощенко М. Л., Хабибуллин Р. Э. Исследование хлебопекарных свойств амарантовой муки. *Вестник технологического университета*. 2016. Т.19. №22. С. 150-153.
120. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства. СПб.: Профессия, 2009. 416 с.

121. Шмалько Н.А., Смирнов С.О. Способ производства хлеба при добавлении амарантовой крупяной муки. *Ползуновский вестник*. 2018. № 1. С. 27-31.
122. Османьян Р.Г. Использование амарантовой белковой муки в производстве пшеничного хлеба. *Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал*. 2011. №1. С. 72.
123. Topwal M. Review on Amaranth: Nutraceutical and Virtual Plant for Providing Food Security and Nutrients. *Acta scientific agriculture*. 2019. №3 (1). P. 9-15.
124. Алехина Н.Н., Жаркова И.М., Головина Н.А., Самохвалов А.А. Влияние амарантовой муки на качество хлеба из биоактивированного зерна пшеницы. *Хлебопродукты*. 2019. №4. С. 56-57.
125. Шмалько Н.А. Современные технологии ржано-пшеничного хлеба с использованием амарантовой муки. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2021. №2-3 (380-381). С. 6-9.
126. Бегеулов М.Ш. Применение амарантовой муки в хлебопечении. *Хлебопродукты*. 2019. №8. С. 41-45.
127. Тарасенко Д. І. Удосконалення асортименту хлібобулочних виробів на українському ринку. *Вісник студентського наукового товариства «Ватра»*. 2018. №98. С. 110–119.
128. Хаматгалеева Г.А. Разработка рецептуры и технологии производства хлеба с добавлением ламинарии, амарантовой, овсяной и рисовой муки. *Современная наука и инновации*. 2017. №2 (18). 120-126.
129. Пащенко Л., Никитин И. Композитная смесь из амарантовой и овсяной муки. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2005. №3. С.35.
130. Дзюндзя О.В., Звагольська К.М. Аналіз нетрадиційної борошняної сировини для виробництва хлібобулочних виробів. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 1. С. 22-29.



131. Миколенко С.Ю., Царук Л.Ю., Чурсінов Ю.О. Вплив продуктів переробки амаранту і чаї на якість хліба. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. 2019. № 5 (1330). С. 145–151.

132. Жаркова И.М., Мирошниченко Л.А., Звягин А.А., Бавыкина И.А. Амарантовая мука: характеристика, сравнительный анализ, возможности применения. *Вопросы питания*. 2014. Т. 83, № 1. С. 67–73.

133. Singh N., Singh P., Shevkani K., & Viridi A. S. Amaranth: Potential Source for Flour Enrichment. *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*. 2019. P.123–135.

134. Topwal M. Review on Amaranth: Nutraceutical and Virtual Plant for Providing Food Security and Nutrients. *Acta scientific agriculture*. 2019. 3 (1), 9–15.

135. Смирнов С.О., Урубков С.А. Зерно амаранту как источник ценного пищевого сырья и объект переработки. <https://docplayer.com/45677306-Zerno-amaranta-kak-istochnik-cennogo-pishchevogo-syrya-i-obekt-pererabotki-smirnov-s-o-kand-tehn-nauk-urubkov-s-a-kand-tehn.html>

136. Дейниченко Г. В. Використання білкових гідролізатів у технологіях функціональних хлібобулочних виробів. *Вісник Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського*. 2009. № 1 (41). С. 217–223.

137. Guo P. T.; He W. L.; Liu J. L.; Wang Y. M. (2017). Grain amaranth composite biscuit composition and preparing method thereof and grain amaranth composite biscuits. Academy agricultural sci china. URL: [https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/060100124/publication/cn1072792\\_29a?q=amaranth%20cookies](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/060100124/publication/cn1072792_29a?q=amaranth%20cookies).

138. Pivovarov A. Plasma-chemically activated water influence on staling and safety of sprouted bread / A. Pivovarov, S. Mykolenko, Y. Hez', S. Shcherbakov // *Journal of Food Science and Technology*. – 2018. – Vol. 12. – № 2. – P. 100–107.

139. Sanz-Penella, J. M. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. / J. M. Sanz-Penella, M. Wronkowska, M. Soral-Smietana. *LWT – Food Science and Technology*. 2013. Vol. 50. № 2. P. 679-685.

140. Guy R. Extrusion cooking: technologies and applications. *Woodhead publishing Ltd.* 2001. – p. 206.

141. Patil S., Brennan M., Mason S., Brennan C. The Effects of Fortification of Legumes and Extrusion on the Protein Digestibility of Wheat Based Snack. *Foods*. 2016. Vol. 5(2). P. 26.

142. Амарант в комбикормах: успешные опыты и благоприятные перспективы. URL: <http://amaranth-health.com/amarant-v-kombikormah-uspeshnyie-opyityi/>

143. Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth / M. Soriano-García et al. *Journal of Analytical & Pharmaceutical Research*. 2018. Vol. 7. Iss. 5. P. 596–600.

144. Mlakar S. G. et al. Nutrition value and use of grain amaranth: potential future application in bread making. *Agricultura*. 2009. Vol. 6. P. 43–53.

145. Sanz-Penella J. M. et al. Bread Supplemented with Amaranth (*Amaranthus cruentus*): Effect of Phytates on In Vitro Iron Absorption. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2012. Vol. 67. P. 50–56.

146. Кучерук З. І., Постнова О. М., Галич А. О. Дослідження властивостей знежиреного термічно обробленого борошна амаранту. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства та торгівлі*: зб. наук. пр. Харків, 2015. Вип. 1 (21). С. 275–283.

147. Гунина Л. М. Биологически активные вещества амаранту и перспективы применения пищевых добавок на его основе в практике подготовки спортсменов. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2018. Т. 3, № 7 (16). С. 267–277.

148. Онопрійчук О.О. Дослідження можливості використання екструдату шроту амаранту в сиркових виробках. *Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи* : матеріали ІХ міжнар. наук.-техн. Конф., м. Київ, 17-19 жовт. 2005 р. Київ, НУХТ, 2005. 160 с.

149. Матиящук О. В., Фурманова Ю. П., П'яних С. К. Використання амарантового борошна в технології виробництва бісквітних напівфабрикатів. *Науковий погляд в майбутнє*. 2017. Вип. 6. Т. 2. С. 52–58.
150. Буяльська, Н. П., Литвиненко, О. О., Денисова, Н. М. Використання продуктів переробки амаранту у виробництві хлібобулочних виробів. *Технічні науки та технології*. 2020. 3(17). С. 226–223.
151. Mykolenko S., Zhygunov D., Rudenko T. Baking properties of different amaranth flours as wheat bread ingredients. *Food science and technology*. 2020. Vol. 14. Iss. 4. P. 62–71.
152. Буяльська Н.П., Костенко І.А., Литвиненко О.О. Вплив висівок амаранту на хлібопекарські властивості сировини при виробництві хлібобулочних виробів. *Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі*: матеріали тез доп. Всеукр. наук.- практик. конф. студентів, аспірантів та молодих учених. м. Чернігів, 10 -11 квітня 2019 р. Чернігів, 2019. С. 273-274.
153. Дорохович А. М., Бадрук В. В. Надання маршмеллоу статусу функціональний і дієтичний продукт за рахунок раціонального використання мальтітолу та фруктози. *Наукові праці ОНАХТ*. 2012. № 42(1). С. 220-225.
154. Chauhan A.A., Saxena D.C., Singh S.D. (2016). Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth flour blend cookies. Punjab. India. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2015.1125773>
155. Миколенко С.Ю., Захаренко А.А. Дослідження впливу амарантового та льняного борошна на якість печива. *Технічні науки та технології*. 2020. № 1 (19). С. 228-240.
156. Корецька І. Л., Янюк Т. І., Щаповаленко О. І., Українець А. І. (2004). Склад печива амарантового. Київ. НУХТ. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/7063>.
157. Дорохович А. Н., Мурзін А. В. (2013). Инновационные технологии пенообразного полуфабриката типа «суфле» на основе моносахарида фруктозы и полиола мальтитола. *Хранительна наука, техніка и технології*. 2013. № 60. С. 455-460.

158. Дорохович А. М., Божок О. С., Мазур Л. С. Тагато́за і мальтитол – інноваційна сировина при виробництві жувальної карамелі. *Харчова наука і технологія*. 2016. №1 (10). С. 43—48.

159. Chen Z. Q.; Feng T. S.; Sang M. K.; Wang H. M.; Wang K. M.; Wang W. X.; Wang X. Z.; Zhang Z. X.; Zhuang H. K. (2016). Low glycemic index sucrose free whole wheat carrot cookies. China. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/057188606/publication/cn106035516a?q=maltitol%20cookies>.

160. Дорохович В. В., Долюк М. Ю., Лукаш К. Р. Визначення можливості та доцільності застосування мальтитолу і борошна амаранту в технології цукрового печива. *Наукові праці НУХТ*. 2021. Том 27. № 2. С. 111-120.

161. Касабо́ва К. Р. та ін. Використання вторинних продуктів виноробного та пивоварного виробництв у технології здобного печива. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2017. Т. 35. С. 5–11.

162. Chauhan A., Saxena DC., Singh S. Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth flour blend cookies. *Cogent Food and Agriculture*. 2016. Vol. 2. № 1. P. 1–8.

163. Sindhuja A., Sudha M. L., Rahim A. Effect of incorporation of amaranth flour on the quality of cookies. *European Food Research and Technology*. 2005. Vol. 221. № 5. P. 597–601.

164. Пономарева И.А., Козубаева Л.А. Применение амарантовой муки при производстве сдобного печенья. *Горизонты образования*. 2018. В. 20. С. 32-36.

165. Постнова О. М., Полковніченко Т. М. Перспективи використання амарантового борошна в технології безглютенових борошняних кондитерських виробів. *Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: матеріали XX міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, 8 листопада 2019 р. Харків, 2019. С. 82-83.*

166. Оболкіна В. Сучасні технології нового асортименту борошняних кондитерських виробів. *Продовольча індустрія АПК*. 2019. № 3-4. С. 16-19.

167. Иоргачева Е., Гордиенко Л., Макарова А., Котузаки А. Изменение показателей качества бисквитных полуфабрикатов при хранении. *Food Science and Technology*. 2016. №10(1). <https://doi.org/10.21691/fst.v10i1.82>
168. Иоргачева Е., Макарова О., Капетула С. Использование амарантовой муки в технологии изготовления бисквитных полуфабрикатов. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2008. №12. С.20-23.
169. Иоргачева Е.Г., Макарова О.В., Котузаки Е.Н., Капетула С.М. Бисквитные полуфабрикаты на основе муки из зерновых и крупяных культур. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 1 (18). С. 79-82.
170. Иоргачева Е.Г. Обґрунтування вибору груп борошняних кондитерських виробів для використання борошна з м'якозерної пшениці. *Зернові продукти і комбікорма*. 2012. Т. 47. № 3. С. 25–30.
171. Спосіб приготування бісквітного напівфабрикату: пат. 27633 Україна: МПК А 21 D 13/08 № u 200706967; заявл. 21.06.2007; опубл. 12.11.2007, Бюл. № 18. 6 с.
172. Савенко В. О., Шелудько В. М. Використання борошна амаранту в технології бісквітних виробів. *Наука і молодь в ХХІ сторіччі: збірник тез доповідей III Міжнародної молодіжної науково-практичної інтернет-конференції*. Полтава: ПУЕТ.2017. С. 636-639.
173. Иоргачева Е. Г., Макарова О. В., Котузаки Е. Н. Изменение показателей качества бисквитных полуфабрикатов на основе мучных композитных смесей. *Збірник наукових праць ОНАХТ*. 2014. Вип. 46. Т.1. С. 112-117.
174. Скобельская З. Г., Бальхин М. Г., Хасанова С. Д., Гинс М. С. Применение амарантовой муки в производстве вафельных листов повышенной пищевой ценности. *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 6. С. 92-96.
175. Шогенов Ю.М., Иванова З.А., Нагудова Ф.Х., Топалова З.Х. Совершенствование технологии производства макаронных изделий, отличающихся высокой питательной ценностью. *Инновационное развитие*

*аграрной науки и образования*. Сборник науч. трудов междунар. науч.-практ. конфер. Махачкала, 23 декабря 2015 г. Махачкала, 2015. С. 317-320.

176. Гринченко В.С., Касьянов Г.И., Мазуренко Е.А., Ольховатов Е.А. Белковые продукты и их роль в питании спортсменов в период интенсивной подготовки. *Современная наука и инновации*. 2018. С. 118-123.

177. Сидоренко Т.А. Амарантовая мука - антиоксидантная добавка для макаронных изделий, обогащенных бета-каротином. *Пищевая и перерабатывающая промышленность*. 2006. №1. С. 61.

178. Вершинина В.С., Юрк Н.А. К вопросу обогащения макаронных изделий. *Новая наука: теоретический и практический взгляд*. 2017. №2-2. С. 65-66.

179. Долматова И.А., Зайцева Т.Н., Иванова Г.Д. Исследование показателей качества обогащенных макаронных изделий. *Молодой ученый*. 2015. Т. 86. № 6. С. 148– 152.

180. Кирпиченкова О. М., Иванов Т. В., Ганущак В. В. Розробка борошняного напівфабрикату оздоровчого призначення для закусок. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». 2021. №2. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-2-6882>

181. Гавриш Т. В., Шаніна О. М., Галясний І. В. Дослідження впливу полісахаридної та білкової добавки на гідратаційні властивості безглютенового бездріжджового тіста. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2018. № 194. С. 119–123.

182. Галясний І. В., Гавриш Т. В., Шаніна О. М. Дослідження піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста з використанням гідроколоїдів та концентратів тваринних білків. *Продовольчі ресурси*. 2018. № 10. С. 67–75.

183. Миколенко С.Ю., Омельчук В.С., Недобійчук К.В. Дослідження впливу диспергованого зерна амаранту на якість безглютенових хлібців. *Новачії в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних*

*виробництв*: міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Мелітополь, 24 листопада 2020 р. Мелітополь, 2020. С. 215-216.

184. Егорова Е. Ю., Резниченко И. Ю. Разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов с амарантовой мукой. *Техника и технология пищевых производств*. 2018. Т. 48, № 2. С. 36–45.

185. Рыжакова А.В., Головизнина М.С. Использование альтернативных видов сырья при создании безглютеновой кондитерской продукции. *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2019. Том 12. № 3 (45). С. 42-48.

186. Кирпиченкова О. М., Матияшук О. В., Божко О. Використання рослинної білково-вмісної сировини для покращення якості щербету. *Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 179. С. 181-187.

187. Кокорева Л.А., Феофилактова О.В., Крохалев В.А. Разработка рецептур соусов с использованием амарантовой муки. *Вестник КрасГАУ*. 2018. № 6. С. 209-214.

188. Колпакова В.В., Тихомирова Н.А., Гайворонская И.С., Лукин Н.Д. Кисломолочный продукт геронтологического назначения на основе компонентов переработки амарантовой муки. *Пищевые системы*. 2018. № 1(1). С. 35–45.

189. Высочина Г.И. Амарант: химический состав и перспективы использования. *Химия растительного сырья*. 2013. №2. С.5- 14.

190. Качанина Л.М., Дармажапова Л.Н. Изучение возможности применения амарантовой муки при производстве сметанного продукта. *Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство*: материалов VI междунар. науч.-технич. конф. г. Воронеж, 11 ноября 2019 г. Воронеж, 2019. С. 274-278.

191. Евстигнеева Т.Н., Хомидов Ф.Б. Изучение влияния компонентного состава кисломолочного напитка с мукой амаранту на формирование качества продукта. *Электронный научный журнал «Apriori. Серия: естественные и технические науки»*. 2014. № 3. С. 1-11.

192. Косминский Г. И., Царева Н. Г., Петрович Н. Н. Производство пива с использованием амаранту. *Пиво и напитки*. 2011. №3. С. 28-31.
193. Данина М.М., Иванченко О.Б., Доморощенко М.Л. Разработка технологии пива с амарантовой мукой. *Вестник ВГУИТ*. 2016. №1. С. 110-115.
194. Acar N., Vohra P., Becker R., Hanners G.D. et al. Nutritional evaluation of grain amaranth for growing chickens. *Poult Sci*. 1988. № 67(8), P. 1166-1173.
195. Haldsova G. Physicochemical properties of amaranth starc. Bratislava, Institute of Chemistry. 1998. P. 7-12.
196. Лисяк В. Ю., Геречук А. М. Розробка технології м'ясного суфле з амарантовим борошном. *Сучасні технології харчових виробництв: III Міжнар. конф. студентів та аспірантів. м. Дніпро, 14-15 травня 2020 р. Дніпро, 2020. С. 22-26.*
197. Шубіна Л. Ю., Янушкевич Д. А., Афанасьєва В. А., Лисенко В. В. Вплив рослинних порошоків на якість м'ясних продуктів. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2019. № 4 (116). С. 37–43.
198. Куркина Н. Хлеб – основа здорового питания. *Хлебопродукты*. 2018. №4. С. 10-11.



Підписано до друку 21.06.2022  
Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк цифровий.  
Гарнітура Times New Roman  
Умовно друкованих аркушів 6,82  
Наклад 100 прим. Зак. № 210622  
Видавець ТОВ «Друк»

Реєстраційне свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до  
Державного реєстру видавців серія ДК № 5909 від 18.09.2017 р.  
Віддруковано з оригінального макету замовника в ТОВ «Друк»  
м. Вінниця, вул. 600-річчя, 25, 21027.