

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного



**Науковий вісник**

Таврійського державного агротехнологічного університету



*Випуск 12, том 2*

Електронне наукове фахове видання

Мелітополь – 2022 р.

УДК [631.3+621.3+004]

Т 13

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. – Мелітополь: ТДАТУ, 2022. – Вип. 12, том 2.

**ISSN 2220-8674**

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,  
Протокол № 9 від 26 квітня 2022 р.

Представлені результати досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

**Реферативні бази:** Crossref, Google Scholar, AGRIS, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського.

Редакційна колегія:

**Головний редактор**

Кюрчев В. М. чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

**Заступник головного редактора**

Надикто В. Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

**Відповідальний секретар**

Діордієв В. Т. – д.т.н., проф. (Україна)

**Технічний секретар**

Кондратюк Ю.В. (Україна)

Beloev Hristo – д.т.н., проф. (Болгарія)

Cortez Jose Italo – PhD (Mexico)

Ivanovs Semjons – PhD (Latvia)

Olt Jüri – PhD, проф. (Eesti)

Pascuzzi Simone – Dr. проф. (Italia)

Вершков О. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Волошина А.А. – д.т.н., проф. (Україна)

Гавриленко Є. А. – д.т.н., проф. (Україна)

Галько С. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Гнатушенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Гумен О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Дейниченко Г. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Євлаш В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Журавель Д. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Квітка С. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Кувачов В. П. – д.т.н., доц. (Україна)

Кузнецов М. П. – д.т.н., с.н.с. (Україна)

Кюрчев С. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Лендел Т. І. – к.т.н., (Україна)

Лисиченко М. Л. – д.т.н., проф. (Україна)

Ломейко О. П. – к.т.н., доц. (Україна)

Лубко Д. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Лясковська С. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Малкіна В. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Мацулевич О. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Паламарчук І. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Панченко А. І. – д.т.н., проф. (Україна)

Пилипенко Л. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Погребняк А. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Постолатій В. М. – д.х.т.н. (Молдова)

Пріс О. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Самойчук К. О. – д.т.н., проф. (Україна)

Сердюк М. Є. – д.т.н., проф. (Україна)

Сидоренко О. С. – к.т.н., доц. (Україна)

Скляр О. Г. – к.т.н., проф. (Україна)

Скляр Р. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Соболь О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Тітова О. А. – д.т.н., доц. (Україна)

Холодняк Ю. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Шоман О. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Яковлев В. Ф. – к.т.н., проф. (Україна)

Ялпачик В. Ф. – д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Скляр О. Г.

Адреса редакції: ТДАТУ

Просп. Б. Хмельницького, 18,

м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312 Україна

© Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2022.

**ЗМІСТ****ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

- Самойчук К. О., Кюрчев С. В., Паляничка Н. О., Верхованцева В. О.* 1  
Впровадження високоефективного обладнання для диспергування емульсій в технологічну лінію переробки молока
- Журавель Д. П., Бондар А. М., Дашивець Г. І.* 2  
Методика обробки емпіричних даних якісних показників роботи колісної машини
- Shchur T., Markowska K., Kawka T., Khodae S., Struzik P., Ciesielski D.* 3  
The main aspects of the development of international transport transportation in the european economic space
- Kondrashev P.* 4  
Statistical methods for analyzing the efficiency of the laser sintering process of powder
- Skliar O., Shokarev O., Komar A.* 5  
State and problems of implementation of innovations in the field of animal husbandry
- Дідур В. В., В'юник О. В., Комар А. С.* 6  
Діагностування – важливий резерв економії витрат на технічне обслуговування і ремонт автомобілів
- Бондаренко Л. Ю., Вершков О. О.* 7  
Вибір типу насоса для системи крапельного зрошення насаджень черешні в ТОВ «САН МІЛЕТ»
- Шегеда К. О., Шокарев О. М., Болтянський Б. В., Шокарев О. О.* 8  
Збирання незернової частини врожаю комбайном обчісувального типу
- Bondarenko L. Yu.* 9  
Preparation of sawdust and chips of cut branches of fruit trees for pelletizing
- Самойчук К. О., Фучаджи Н. О., Ломейко О. П.* 10  
Аналіз конструкцій статичних гідродинамічних кавітаторів для безперервного змішування рідин



- Postol Y., Hulevskiy V.* 11  
Semi – continuative fermentation technology and technical means
- Самойчук К. О., Фучаджи Н. О., Ломейко О. П.* 12  
Оптимізація технологічних процесів при приготуванні пивного сусла
- Чижиков І. О.* 13  
Дослідження процесу створення смугової гряди робочим органом глибокородпушувача в умовах ґрунтового каналу

### ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Паламарчук І. П., Кюрчев С. В., Верхованцева В. О., Паляничка Н. О.* 14  
Застосування процесу флюїдизації для заморожування ягід
- Антоненко А. В., Бровенко Т. В., Василенко О. В., Криворучко М. Ю., Стукальська Н. М., Толок Г. А.* 15  
Технологія десертних страв з використанням шротів із зародків пшениці та квіткового пилку
- Кошель О. Ю., Касьянова А. В.* 16  
Перспективи застосування порошку водоростей спіруліна у виробництві хлібобулочних виробів
- Власенко І. Г., Семко Т. В., Іваніщева О. А.* 17  
Технологія кисломолочного напою з вторинної молочної сировини
- Василишина О. В.* 18  
Ферментативна активність плодів вишні за обробки розчином хітозану
- Новікова Н. В., Ряполова І. О.* 19  
Дослідження сенсорних та мікробіологічних показники якості пельменів функціонального призначення
- Бандура В. М., Фіалковська Л. В., Пахомська О. В.* 20  
Технологія сушіння зернових культур та олійного насіння
- Червоткіна О. О., Тарасенко В. Г.* 21  
Основні напрямки інтенсифікації технології чорного чаю



*Новікова Н. В.* 22  
Визначення органолептичних показників якості м'ясних напівфабрикатів

*Сова А. О., Кузьміна Т. О., Мамай О. І., Валько М. І.* 23  
Розроблення елементів системи НАССР при виробництві коньяку

*Kryzhak L., Petliuk L.* 24  
New probiotic culture strains in the production of fermented dairy products

### **ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

*Гулевський В. Б., Постол Ю. О.* 25  
Удосконалення конструкції кавітаційного теплогенератору

### **КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ**

*Михайленко О. Ю., Антонова Г. В.* 26  
Технологія формоутворення елементів каркасу динамічної поверхні

*Холодняк Ю. В., Гавриленко Є. А.* 27  
Розробка технології формування САД-моделей поверхонь технічних виробів

*Дереза О. О., Болтянський Б. В., Дереза С. В.* 28  
Використання VR-технологій в наукових дослідженнях



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-21

УДК 641

О. О. Червоткіна, асист.

ORCID: 0000-0002-6814-0566

В. Г. Тарасенко, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-0275-0281

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: oleksandra.chervotkina@tsatu.edu.ua, тел.: (097)7144992

## ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЧОРНОГО ЧАЮ

*Анотація.* Постійно зростаючий попит на чай, як один з важливих продуктів харчування, створює необхідність пошуку резервів його виробництва, створення маловідходних, комплексних технологій, що неможливо без відповідної машинно-апаратної переробки переробних підприємств, інтенсифікації та оптимізації технологічних та харчових переваг. продуктів чорного чаю, що є найбільш споживаними в нашій країні і в ближньому зарубіжжі.

Розроблені знову технології повинні забезпечити поліпшення якості, біологічної цінності біохімічного контролю чайного виробництва, метод штучного зав'ялювання, технологія чорного чаю із застосуванням термічної обробки недоферментованого напівфабрикату, роздільна переробка чайного листа. Крім того розроблено технології сухих та рідких чайних концентратів.

*Ключові слова.* Гранулювання, чарний чай, ферментація, чайне листя, подрібнення, переробка дрібних фракцій чайного листа.

*Постановка проблеми.* В основі виробництва чорного чаю лежать окислювальні процеси, що протікають у зруйнованих клітинах чайного листа, у результаті яких утворюються речовини, що обумовлюють специфічність продукту. Тому основним завданням інтенсифікації при виробництві чорного чаю є максимальна та одночасна руйнація анатомічної цілісності клітин листа з метою найбільш повного використання його потенційних можливостей та забезпечення рівномірності протікання окисних перетворень.

Дезінтеграція клітин може бути викликана різними ушкоджуючими факторами: фізичними, механічними, хімічними, біологічними, а також різними їх поєднаннями. Ці прийоми забезпечують зміну напряму біохімічних процесів, що протікають у свіжому чайному листі, внаслідок чого створюються умови для





розвитку окисних процесів, від яких залежить формування якісних показників готової продукції.

*Аналіз останніх досліджень.* За класичною технологією роздавлювання клітин листа здійснюється шляхом їх скручування в ролерах. У цьому близько 20-25% клітин залишаються нераздавленими, отже вони беруть участь у створенні якісних показників продукту. Збільшення тривалості скручування з метою підвищення частки роздавлених клітин негативно позначається на техніко-економічних показниках виробництва, якості чаю. Ферментація у тканинах чайного листа, зруйнованих у різні періоди тривалого скручування, починає розвиватися неодноразово, а після закінчення скручування оброблений матеріал виявляється неоднорідно ферментованим. Причому більша його частина – переферментована, внаслідок чого продукт містить значно менше біологічно активних речовин.

М. А. Бокучава запропонував метод термічної обробки недоферментованого напівфабрикату і розробив технологічну схему виробництва чорного чаю, що передбачає вкорочення скручування зав'яленого листа, сушіння до вологості 6-8% і термічну обробку. Зазначений спосіб дозволив значно знизити втрати фенольних сполук, тим самим підвищити Р-вітамінну активність продукту [1-4]. Цей технологічний прийом знайшов широке застосування в технології чорного чаю, у тому числі і дрібного чорного чаю.

Враховуючи значення руйнування клітин чайного листа при виробництві чорного чаю, К. М. Джемухадзе запропонував метод швидкого та глибокого заморожування матеріалу, що дозволяє усунути недоліки діючої технології. В умовах низьких температур утворюються кристали льоду в клітинах, що призводить до одночасного і практично повного їх руйнування. Запропонований метод виключає стадію зав'ялення, значно інтенсифікує біохімічні та технологічні процеси, помітно скорочує технологічний цикл.

Розроблений спосіб переробки чайного листа, що передбачає його термохімічну обробку 1% розчином каустичної соди перед скручуванням. Лужна обробка чайного листа за рахунок часткового руйнування лігніну робить матеріал більш податливим для подальшої переробки, що сприяє поліпшенню якості чаю. Відомий оригінальний спосіб виробництва чаю, що передбачає обробку листа газоподібною вуглекислою в спеціальній камері при підвищеному тиску [5-9]. Різке зниження тиску газу до атмосферного викликає “вибух” клітинних оболонок чайного листа, що сприяє рівномірному та інтенсивному перетіканню окислювальних процесів.

Незважаючи на перспективність зазначених розробок, вони поки не знаходять широкого впровадження в чаепереробній промисловості.



В даний час для руйнування тканин чайного листа застосовують головним чином механічні методи, що базуються на інтенсифікації скручування-подрібнення.

*Формування мети статті.* У чаєвиробничих країнах світу основним напрямом в області скручування-подрібнення є гранично інтенсивне руйнування клітин чайного листа методом подрібнення маси з метою вироблення більш екстрактивного дрібного чорного чаю. Дрібний чорний чай має інтенсивний настой, приємний терпкий смак, швидко екстрагується, зручний при розфасовуванні та споживанні, стійок у зберіганні.

Питанням підвищення інтенсивності обробки чайного листа та збільшення виходу дрібних видів чаю присвячено велику кількість досліджень [10-14]. За кордоном на дрібні види чаю доводиться практично до 85-90% від загального обсягу виробленої чайної продукції.

Першим кроком на шляху інтенсифікації процесу скручування-ферментації та збільшення обсягу виробництва дрібного чорного чаю стало вдосконалення поверхні столу ролера з використанням рифів, батенсів та конуса з різним кутом утворюючої.

*Основна частина.* Для інтенсифікації процесу скручування чайного листа стали застосовуватися соломорізки, та був і тютюнорізальні машини "Легга" разом із роллерами. Однак новий період в інтенсифікації процесу скручування-подрібнення-ферментації та збільшення дрібних видів чаю настав після створення у 1930 році Мак-Керчером машини "С.Т.С.". Машина "С.Т.С." складається з двох гравірованих металевих валків, що обертаються один до одного з різними швидкостями: швидкохідний – 675-725 об/хв, тихохідний – 60-70 об/хв. Обробка матеріалу здійснюється у міжвалковому просторі, який регулюється в залежності від швидкості подачі чайного листа. Машина "С.Т.С." застосовується як окремо, так і в поєднанні з роллерами та іншими пристроями, що скручують. А один чаєподрібнюючий агрегат може бути об'єднаний 2,3,4 і далі 5 машин "С.Т.С.". Із застосуванням машини "С.Т.С." з'явилася і однойменна назва методу переробки. Зав'ялений чайний із залишковою вологістю 66-70% пропускається через машини "С.Т.С." без сортування, в результаті чого він перетворюється на тістоподібну масу з досить високою температурою (40-50 °С), яка гранулюється обгортанням і класифікується за розмірами в барабанному грануляторі протягом 70,90, а іноді і 120 хвилин, залежно від умов виробництва.

Значним досягненням у розвитку інтенсивної технології чорного чаю є машина Роторвейн, сконструйована Мак-Тієром. Робочий орган машини є гвинтоподібним валом, що функціонує в каркасі циліндричної форми. На валу в зоні живильника закріплений шнек, що





переходить у лопаті. У місці вивантаження скручено-подрібненого листа встановлено торцеву кришку. В залежності від технологічної необхідності діафрагму кришки встановлюють у позиції необхідного тиску. Чайне листя, що надходить в машину, в результаті обертального руху робочого органу, а також під впливом торцевої кришки розтирається і подрібнюється. "Роторвейн" постійно удосконалюється. Випускається машина "Супер-вейн", що представляє собою модифікацію "Роторвейн". У "Супервейн"-і на внутрішній поверхні циліндра встановлені нерухомі виступи, що підсилюють вплив на лист. У цих машинах листок обробляється протягом 1,5-2 хвилин. Чайний сік, що виділився за цей період, ретельно змішується і знову вбирається листом перед виходом із машини. Незважаючи на невелику тривалість знаходження аркуша в машинах, він нагрівається, проте теплота відразу ж випромінюється і не впливає на якість чаю. Ці машини використовуються в комбінації разом із ролерами, машинами "С.Т.С." та іншими подрібнюючими машинами.

У технологічних системах виробництва дрібного чорного чаю зустрічається і подрібнююча машина "Барбора", що складається з горизонтального корпусу, всередині якого розташований робочий орган у вигляді ротора у формі усіченого конуса на поверхні якого встановлені баттенси. При поступальному русі в робочу зону чайний матеріал переміщається по спіралі, що постійно зменшується, і між рухомими баттенсами конуса і нерухомою цапфою інтенсивно скручується, роздавлюється, ріжеться. Крім того, у технологічних схемах застосовується і машина "Трету- ратор", яка має значну схожість з машинами системи "Роторвейн". Робочий орган машини, що являє собою шнек, зі зменшуючим кроком і збільшується в напрямку просування листа діаметром, і встановлена в кінці шнека вивантажувальна головка з ріжучими лопатями забезпечують більш інтенсивний вплив на лист, ніж у Роторвейн. Найбільшого поширення машина "Третуратор" набула в Африці.

Останнім часом для подрібнення чайного листа стали застосовувати машину "L.T.P.", що є барабаном, у якому з великою швидкістю в протилежних напрямках обертаються ножі та лопаті, інтенсивно та миттєво.

З використанням вище перерахованих машин переробку чайного листа здійснюють за такими технологічними схемами: ролер - "Роторвейн" - сортування - "Роторвейн" - сортування - роллер - сортування - роллер - сортування; "Роторвейн" - "С.Т.С." - ролер - сортування; "Роторвейн" - "С.Т.С." - "С.Т.С." - сортування; "Роторвейн"- "Роторвейн"- "С.Т.С."- "С.Т.С.; "Роторвейн" - "С.Т.С." - "С.Т.С." - "С.Т.С." - сортування. Крім того чаєподрібнюючі машини застосовуються на різних стадіях переробки: після 10-хвилинного,



другого, третього скручування чайного листа в ролерах та сортування. Застосовуються інші схеми з участю перелічених машин.

Перша спроба створення чаєрезальної машини в нашій країні була зроблена в 1938 році В. Г. Джіджейшвілі. Проте машина характеризувалася рядом істотних конструктивних недоліків і не знайшла застосування у промисловості. Групою фахівців на чолі з Г.І.Харебава були отримані позитивні результати при використанні різання під час скручування чайного листа, внаслідок чого покращувалася якість продукції, що виробляється.

Істотний внесок у справу вдосконалення чаєскручувальних машин зробив А. Н. Какалашвілі [5]. Їм розроблений ролер безперервної дії, що представляє собою обечайку, що обертається, з шістьма гвинтоподібними рифами, всередині якої розташований обертовий конічний шнекоподібний ротор з чотирма виступами. Продукція, вироблена на лінії із застосуванням цього ролера, характеризується яскравим настоєм, однак має незадовільний зовнішній вигляд і строкату розварку.

Широке промислове застосування знайшла машина "РЗ-ЧР2К", призначена для різання низькокондиційної чайної маси. На внутрішній поверхні циліндричного корпусу машини розпиляно поздовжні рифи. Ріжучий орган виконаний у вигляді обострого ножа, розташованого між двома діафрагмами і має окремий привід. Недоліком машини є слабке рахдавлювання матеріалу за рахунок підтиску під час різання.

Для різання-подрібнення чайного листа була створена машина ЧРК, що складається з шнека, на валу якого між двома діафрагмами розташовується подрібнюючий ніж. Маса, що подається в машину, подрібнюється під дією діафрагми та лопатей ножа, у такому ж ключі працює і "Цитрибатор"[5]. Групою фахівців на чолі з А.Н.Какалашвілі була розроблена конструкція центрального відбірника, що виконує функцію преса та інтенсифікує процес скручування. Ролери з центральними відбірниками та машини ЧРК становили основу лінії скручування, сортування та різання чайного листа марки Б2-ЧСГ. Продукція, отримана після обробки чайного листа на цій лінії, була незадовільною на вигляд і характеризувалася строкатою розваркою.

Великий внесок у розробку технологічних основ потокового виробництва дрібного чорного чаю внесли Р.М.Хоперія та Р.Р.Джинджолія. Розроблена ними подрібнююча машина Б2-ЧРЧ була включена до лінії Б2-ЧРХ, що знайшла широке впровадження у виробництві чаю. Чайний матеріал переробляється на вказаній лінії в наступному порядку: зав'ялений до залишкової вологості 63-65% лист скручується в ролери ЧРО-2 протягом 20-25 хвилин, сортується, дрібна фракція повторно скручується, а сходова фракція ріжеться в Б2-ЧРЧ, різана маса сортується, дрібна фракція скручується, сходова фракція



ріжеться в Б2-ЧРЧ і скручується, після чого більше фракції сушаться. Недоліком зазначеної машини та лінії є невисока продуктивність, а також деяка неоднорідність подрібненої маси.

З метою інтенсифікації процесу подрібнення-роздавлювання чайного листа та усунення експлуатаційних недоліків установки Б2-ЧРЧ групою авторів створено машину Б2-ЧПІ, яка знайшла найбільш широке застосування у промисловості. Робочі органи машини виконані як шнеків, лопаті яких заходять друг за друга. Машина має також діафрагму з каліброваними отворами. На базі цієї машини створена потокова лінія Б2-ЧР2Х, що працює наступним чином: зав'язаний до залишкової вологості 63-67% чайний лист після скручування в ролери ЧРО-2 сортується, дрібна фракція повторно скручується, а сходова велика фракція в Б2-ЧПІ, скручується в ролерах, після скручування чай висушується і піддається термічній обробці. Застосування Б2-ЧПІ найефективніше при строго певній кількості листа, що подається, а кількість зруйнованих клітин становить до 90%.

Робочими органами машини для дроблення та м'яття чайного листа ЧМД є встановлені на двох валах та внутрішній поверхні корпусу подрібнюючі елементи. Недоліком машини є значне зниження ступеня подрібнення у разі зменшення подачі чайного листа.

Групою авторів була розроблена та створена роторно-скручувальна машина шнекового типу. Робочі органи машини представлені шнеком оригінальної конструкції зі спеціальними елементами, що забезпечують саморегулювання тиску в масі незалежно від кількості матеріалу, що подається. Роторно-скручувальна машина була включена в поточну лінію Б2-ЧІЛ.

Всі перераховані вище установки для подрібнення чайного листа призначені для доведення матеріалу до розмірів частинок практично не менше 4,0-4,5 мм і не здатні подрібнювати масу до дрібнодисперсного стану, тому що при тонкому подрібненні утворюються дрібні види чаю, що дають каламутний настій. Тим часом при тонкому подрібненні досягається практично повне роздавлювання клітинної структури. За кордоном чайні маси, подрібнені до дрібнодисперсного стану, гранулюють, що дає можливість отримати якісний продукт, максимально ісільзовавши потенційні можливості вихідного листового матеріалу.

Експерименти з переробки чайної маси з підвищеним вмістом огрубілої та грубої фракції на машинах "С.Т.С." і "Роторвейн" не дали позитивних результатів, а тістоподібна маса, що вийшла в результаті інтенсивного подрібнення, не піддавалася гранулюванню. Слід зазначити, що на нашу думку, авторами не були правильно підібрані режими процесу гранулювання та відповідне обладнання для його здійснення, що призвело до негативних результатів.



Зняття обмежень ступеня подрібнення дозволяє використовувати для диспергування чайного листа до дрібнодисперсного стану обладнання, освоєне у суміжних галузях промисловості. Для підбору способів гранулювання, виходячи з необхідних властивостей агломератів, необхідно використовувати основні закономірності структуроутворення та формування матеріалів, розроблені в різних галузях науки та техніки, з урахуванням специфічних характеристик чаю.

Гранулювання – це сукупність технологічних операцій, в основі яких

лежать фізико-механічні та фізико-хімічні процеси, що забезпечують формування матеріалів у вигляді частинок певних розмірів, форми, структури та фізичних властивостей.

Останнім часом гранулювання знайшло широке застосування в різних галузях промисловості, що викликане необхідністю не лише удосконалення технологічних властивостей виробів, усунення їх негативних фізичних властивостей, але та можливістю автоматизації виробництва, підвищення продуктивності праці, полегшення пакувальної роботи та ін [6].

Гранулювання (агломерація, агрегація) тонкодисперсних матеріалів значною мірою визначається їх фізико-хімічними та реологічними властивостями. У випадку гранулювання включає в себе такі технологічні операції: підготовку вихідного матеріалу, власне гранулювання, формування структури. Дисперсні матеріали можуть бути гранульовані як у сухому, так і у вологому стані. При цьому таблетування, пресування та брикетування, що здійснюються при невеликих вологості матеріалу, відносяться до сухих методів; а обгортання, дражування, екструдкування - до вологих.

Ефективність гранулювання залежить від когезійних властивостей матеріалів, тобто. від своїх здібностей безпосередньо взаємодіяти між собою. У разі зволоження дисперсних частинок їхня взаємодія залежить як від когезійних властивостей рідинних прошарків, так і від адгезії (прилипання) рідини до частинок, що характеризується змочуванням матеріалу. Сумарна силова взаємодія між частинами, що стикаються, що перешкоджає їх роз'єднанню, прийнято називати аутогезією .

Агломерація окремо в агрегати може бути здійснена різними шляхами, що визначається безліччю факторів, серед яких важливе значення має дисперсний склад вихідних частинок. Фізико-хімічна механіка дисперсних структур і твердих тіл, розвинена в роботах академіка П.А.Рєбіндера та його школи, визначає критерій початку агрегування межею переходу від грубодисперсних систем до мікрогетерогенних.



Хоча в загальному випадку агрегування та утворення просторових структур починають проявлятися з дисперсних системах з розміром частинок твердої фази практично на 2-3 порядки більшим за розмір колоїдних частинок, у кожному конкретному випадку міцність елементарних контактів між частинками і відповідно виникаючих з них структур залежить від природи поверхні, хімічного складу, фізичних властивостей твердої фази та дисперсного середовища, умов взаємодії між ними [7, 8]. Як тільки розмір часток стає настільки малим, що сили зчеплення будуть співмірні з їхньою вагою, вони в полі дії сили тяжіння виявляють схильність до мимовільного агрегування. Через війну прояви сил зчеплення частинок друг з одним у мікрогетерогенних системах мимоволі виникають просторові тривимірні структури. Стійкі тривимірні структури утворюються при зв'язку між частинками у вигляді прямих точкових контактів або через прошарки рідини дисперсного середовища, рівноважна товщина яких відповідає мінімальному значенню поверхневої енергії системи. Наявність рідинного прошарку між частинками значно інтенсифікує цей процес. Якщо частинки добре змочуються, то сили адгезії рідини до частинок великі, Після обволікання частинок тонким шаром, рідкі прошарки, когезійно взаємодіючи між собою, сприяють зближенню частинок матеріалу. [8]. Причому така взаємодія можлива і при розмірах часток, що дещо перевищують їх величини, що відповідають критерію агрегування. Міцність просторових тривимірних структур визначається якістю контактів, їх числом в одиниці об'єму матеріалу, середньою силою стискування в точці контакту. Зменшення розміру частинок збільшує їх питому поверхню, зростає кількість контактів з-поміж них, що посилює взаємодії. Тому, відповідно до другого початку термодинаміки, у дисперсній системі мимовільно протікають процеси, пов'язані зі зменшенням поверхневої енергії, чим і пояснюється схильність високодисперсних мас до агрегування. Зі зменшенням розмірів частинок збільшення міцності дисперсного матеріалу спостерігається у тому випадку, коли вона обумовлена капілярними силами рідинних прошарків. Досить міцні контакти утворюються внаслідок переплетення сильно анізотричних частинок [8].

Для гранулювання методом обгортання ідеальною формою чатиць є куля, всі інші геометричні форми ускладнюють пропис. Якщо частинки неправильної форми, то гранулювання покращується, коли їх розміри за трьома взаємоперпендикулярними напрямками однакові [6]. Невеликі відхилення від сферичної форми лише незначно впливають на щільність упаковки частинок в агломераті, яка помітно зменшується з посиленням їхньої анізотричності. Такі форми можуть створити досить щільно упаковані структури лише при розміщенні частинок у правильні ряди, чого неможливо досягти при самоагрегації. Тому для





проведення гранулювання методом обкатування, що регулює спрямованість самоагрегації, ймовірно, слід подрібнювати чайний лист до розмірів частинок, порівнянних з товщиною листа, тобто. майже менше 1 мм. Якщо ж подрібнення до такого рівня неможливе або в цьому немає потреби, то гранулювання може бути здійснене примусово під дією зовнішніх сил.

Питаннями гранулювання чаю у нас почали займатися порівняно недавно. Збільшення обсягів виробництва чаю викликало зростання утворення тонкодисперсних видів чайної продукції-висівок та крихти, що не мають споживчого попиту. Тому їх стали брикетувати у спеціальних формах, одержуючи плиткові чаї /150/, і навіть гранулювати шляхом пресування. Отримані таким чином продукти незручні у споживанні, оскільки вони при заварюванні практично віддають екстрактивні речовини лише після диспергування на складові частинки, що створює мутність настою.

Передбачене способом гранулювання тонкодисперсних видів байхового чаю незначне зволоження чаю перед гранулюванням не забезпечує утворення контактних місткових зв'язків, що не диспергуються у воді, незважаючи на те, що після формування гранули додатково збагачуються екстрактом чаю в процесі висихання. Крім того, довгаста форма і висока щільність гранул не можуть забезпечити рівномірного висушування та збереження цілісності в умовах киплячого шару.

Групою фахівців за участю автора розроблено та впроваджено спосіб переробки тонкодисперсних ВИДІВ чайної продукції в горошкоподібні та зернисті види чаю, що інтенсивно віддають екстракт, не диспергуючись на складові частини.

Для гранулювання чайного листа та інших видів чаю групою спеціалістів на чолі з І.А.Хочолава було розроблено встановлення шнекового типу [9]. Робочі органи машини представлені каскадом ножів і решіток, поміщених разом з шнеком, що подає, в циліндричний корпус з сорочкою для водяного охолодження. Незважаючи на оригінальність конструкції, машина не знайшла практичного застосування через низьку продуктивність і ненадійність у роботі.

Розроблений групою фахівців на чолі з Р.Т.Чхаїдзе спосіб виробництва гранульованого чаю, що полягає у введенні в попередньо підсушену до вологості 35-50% чайну масу цукрового розчину в кількості 2-4% від її ваги перед формуванням, виявився малоефективним, оскільки гранули при заварюванні слабо віддавали екстракт через знижену пористість, а при тривалому наполяганні диспергувалися [10].

Слід зазначити спосіб переробки дрібних фракцій чайного листа, що включає їх обробку після ферментації гарячим повітрям з





температурою 130-185°C при пропарюванні з подальшим формуванням в розігрітому до 50-60°C обертовому барабані з одночасним введенням. Процес енергоємностей, а також пов'язаний із значними матеріальними витратами через використання у вигляді сполучної речовини натурального концентрату чорного чаю.

Розроблено установку для отримання гранульованого чаю, що включає роторно-скручені ваші машини, не призначені для тонкого диспергування чайного листа, тому, після подрібнення в них, відсортується незначна кількість дрібнодисперсних фракцій, здатних до самоагрегації, що робить неефективним використання окремо формувального пристрою для їхнього гранулювання. Крім того, установка дозволяє одержувати переважно гранули циліндричної форми. Відповідно до розробленого ними ж способу виробництва гранульованого чаю, що передбачає подрібнення чайного листа до розмірів частинок 1,5-2,0 мм, збагачення маси концентратом чаю і формування, виходять гранули циліндричної форми, діаметром 4-6 мм, що ускладнює їх висушування, а передбачена залишкова вологість чаю 8-10% після сушіння негативно впливає на стійкість продукту до зберігання та недиспергуваність при заварюванні. В подальшому, за участю автора була створена роторно-скручувальна машина нового покоління, яка була включена до потокової лінії ЮІАК 101171.001.

*Висновок.* На основі проведеного огляду можна зробити висновок, що основні тенденції розвитку світової чаепереробної промисловості спрямовані на інтенсифікацію виробництва, що полягає у максимально можливому використанні сировинних матеріалів для отримання якісного чаю з найменшими витратами. У виробництві чорного чаю це виявляється насамперед у вишукуванні шляхів найбільш повного та одночасного руйнування тканин листа в основному механічними методами.

Одним з важливих напрямків у цьому плані є інтенсивне подрібнення чайного листа до дрібнодисперсного стану, що забезпечує повноцінне руйнування клітин, разом з подальшим за ним гранулюванням, сприяє посиленню окислювальних перетворень, в результаті чого скорочується весь технологічний цикл переробки підвищується вихід вискоекстрактивних видів чаю, а чай у вигляді гранул має цілу низку переваг перед звичайними чаями, що робить його зручним у споживанні.

Крім того, тонкодисперсні дрібні види чаю, що утворюються в процесі технологічної переробки, не мають попиту у споживача, можуть бути використані для отримання споживчого продукту у вигляді гранул, що забезпечить додатковий випуск якісної продукції.

Гранульований чай повинен мати механічну міцність у сухому стані, інтенсивно віддавати екстрактивні речовини і не диспергуватися



при заварюванні.

#### Список використаних джерел

1. Grigorenko S. Technical means for mechanization of technological processes on livestock farms. *Theory, practice and science*. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan 2021. P. 255–257.

2. Zhuravel D., Skliar O. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. *Multidisciplinary academic research*. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands 2021. P. 83–86.

3. Zabolotko O. O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference*. 2017. P. 155–158

4. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens, Greece 2021. P. 231–233.

5. Skliar R., Sklar O. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education*. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Rome, Italy 2021. P. 171–176.

6. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). P. 7–12.

7. Вечерский П. А. Исследование динамики адгезионного гранулирования окатыванием пищевых и других сыпучих веществ. Автореф. докт. дисс. Киев. 1981. 61с.

8. Девдариани Д. Г., Чантурия Ю. Б., Георгадзе А. Г., Бандурко Е. И. и др. Способ производства чая. А.С. СССР № I303I20. 1987.

9. Джинджолия Р. Р., Хоперия Р. М., Ревিশвили Т. О. Практическое руководство по технологии производства мелкого черного чая. Сухуми.: Алашара. 1960. 38с.

10. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика. Избранные труды. М.: Наука. 1979. 381с.

11. Урьев Н. Б. Физико-химическая механика в технологии дисперсных систем. М.: Знание. 1975. 64с.

12. Стручаєв М. І., Тарасенко В. Г. Дослідження процесу гранулювання овочевих відходів за допомогою прес-гранулятора з плоскою матрицею. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1. С. 160–168.



13. Олексієнко В. О. Гранулювання порошкоподібних овочів. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: матеріали другої міжн. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 73–75.

14. Червоткіна О. О., Олексієнко В. О., Фучаджи Н. О. Обґрунтування параметрів робочого органу гранулятора для отримання гранул на основі овочевої сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2013. Вип. 13, Т.7. С. 57–62

Стаття надійшла до редакції 15.03.2022р.

**O. Chervotkina, V. Tarasenko**  
**Dmytro Motorny Tavriya State Agrotechnological University**

## **MAIN DIRECTIONS OF INTENSIFICATION OF BLACK TEA TECHNOLOGY**

### ***Summary***

The production of black tea is based on oxidative processes that take place in the destroyed cells of the tea leaf, as a result of which substances are formed that determine the specificity of the product. Therefore, the main task of intensification in the production of black tea is the maximum and simultaneous destruction of the anatomical integrity of leaf cells in order to make the most of its potential and ensure the uniformity of oxidative transformations.

Cell disintegration can be caused by various damaging factors: physical, mechanical, chemical, biological, as well as various combinations thereof. These techniques provide a change in the direction of biochemical processes occurring in fresh tea leaves, resulting in conditions for the development of oxidative processes, which depend on the formation of quality indicators of finished products. The ever-increasing demand for tea, as one of the important food products, creates the need to find reserves for its production, create low-waste, integrated technologies, which is impossible without proper processing of processing plants, intensification and optimization of technological and food benefits. black tea products, which are most consumed in our country and abroad.

Newly developed technologies should improve the quality, biological value of biochemical control of tea production, the method of artificial wilting, black tea technology using heat treatment of unfermented semi-finished products, separate processing of tea leaves. In addition, technologies for dry and liquid tea concentrates have been developed.

**Key words:** Granulation, black tea, fermentation, tea leaves, grinding, processing of small fractions of tea leaves

Електронне наукове фахове видання

**Науковий вісник**  
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 12, том 2.

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Скляр О. Г.

Комп'ютерна верстка: Комар А. С.

Підписано до друку 10 травня 2022 р.  
Друкарня ТДАТУ  
13,7 умов. друк. арк.