15 дәріс. Тағам өнеркәсібіндегі заманауи полимерлік технологиялар. Биологиялық белсенді заттарды инкапсуляциялау, 3D-биопринтинг, белсенді және интеллектуалды қаптамалар, функционалды полимерлік материалдар, полимер қалдықтарын қайта өңдеу

Дәрістің мақсаты

Тағам өнеркәсібінде қолданылатын заманауи полимерлік технологиялармен және олардың даму бағыттарымен таныстыру.

Дәрістің міндеттері

- Инкапсуляция технологияларын қарастыру;
- 3D-биопринтингтің негіздерін түсіндіру;
- Белсенді және интеллектуалды қаптамалардың ерекшеліктерін сипаттау;
- Полимер қалдықтарын қайта өңдеу мәселелерін талдау;
- Заманауи функционалды материалдардың қолданылуын бағалау.

Дәрістің қысқаша мазмұны

1. Биологиялық белсенді заттарды микрокапсулалау

Микрокапсулалау — биологиялық белсенді заттарды полимерлік немесе басқа қорғаныш қабықшаның ішіне орналастыру әдісі. Оның негізгі мақсаты — белсенді компонентті сыртқы ортаның қолайсыз әсерінен қорғау және оның бөлінуін басқару.

Микрокапсулалау арқылы қорғалатын заттарға дәрумендер, антиоксиданттар, пробиотиктер, ферменттер, хош иістендіргіштер және басқа функционалдық компоненттер жатады.

Микрокапсуланың негізгі бөліктері:

- Өзек (ядро) — капсуланың ішіндегі биологиялық белсенді зат.
- Қабықша — белсенді компонентті қорғайтын полимерлік материал.
- Қоршаған орта — капсуланың тұрақтылығы мен белсенді заттың бөлінуіне әсер ететін сыртқы орта.

Микрокапсулалаудың негізгі артықшылықтары:

- белсенді заттарды оттектен, жарықтан және ылғалдан қорғау;
- сақтау кезінде тұрақтылығын арттыру;
- жағымсыз дәм мен иісті бүркемелеу;
- ас қорыту жолында немесе белгілі бір ортада бақыланатын бөлінуді қамтамасыз ету;
- тағам өнімдеріндегі функционалдық компоненттердің тиімділігін сақтауға көмектесу.

2. Микрокапсулалау әдістері

Микрокапсулалау үшін әртүрлі физикалық, химиялық және физика-химиялық әдістер қолданылады.

1. Бүркіп кептіру. Белсенді зат пен қабықша түзетін материалдың қоспасы ұсақ тамшылар түрінде ыстық ауаға шашыратылады. Еріткіш буланып, құрғақ бөлшектер түзіледі.
2. Коацервация. Полимер ерітіндісінен белсенді заттың бетіне шөгетін полимерге бай фаза түзіледі.
3. Эмульсиялық әдіс. Белсенді зат пен полимер тиісті дисперсиялық жүйеде біріктіріліп, кейін қабықша қалыптастырылады.
4. Иондық гельдендіру. Зарядталған полимер тізбектері иондардың қатысуымен тор түзіп, белсенді затты капсула ішінде ұстайды.
5. Экструзия немесе тамшылатып енгізу. Полимер ерітіндісінің тамшылары гель түзетін ортаға енгізіліп, капсула немесе түйіршік алынады.

Әдісті таңдау белсенді заттың табиғатына, температураға сезімталдығына, полимердің қасиеттеріне және қажетті бөліну жылдамдығына байланысты**.**

3. 3D-биопринтингтің тағам өндірісіндегі мүмкіндіктері

3D-биопринтинг — биологиялық материалдар немесе биологиялық компоненттер қосылған арнайы құрамдарды қабаттап орналастыру арқылы үш өлшемді құрылым жасау технологиясы. Тағам өндірісінде осыған жақын 3D-тағамдық басып шығару технологиялары да қолданылады.

Бұл технологияларда басып шығаруға арналған құрамдар көбіне гидрогельдерге, ақуыздарға, полисахаридтерге және басқа құрылым түзуші материалдарға негізделеді.

Тағам өндірісіндегі негізгі мүмкіндіктері:

- күрделі геометриялық пішіндегі өнімдерді жасау;
- өнімнің құрылымы мен текстурасын басқару;
- жеке тұтынушының тағамдық қажеттіліктеріне сәйкес өнім дайындау;
- әртүрлі ингредиенттерді кеңістікте дәл орналастыру;
- жұмсақ және арнайы текстуралы тағамдарды әзірлеу.

3D-басып шығаруға арналған материалдарға альгинаттар, желатин, крахмал негізіндегі жүйелер және басқа гидроколлоидтар жатады. Олардың тұтқырлығы, ағу қасиеті және гель түзу қабілеті басып шығарылатын өнімнің сапасына әсер етеді.

4. Белсенді қаптамалар

Белсенді қаптама — тағам өнімінің сапасы мен сақтау мерзімін жақсарту үшін қаптаманың ішіндегі ортамен немесе тағаммен мақсатты түрде әрекеттесетін жүйе.

Белсенді қаптамалардың негізгі түрлері:

- Оттекті сіңіргіштер — қаптаманың ішіндегі оттек мөлшерін азайтады.
- Ылғал реттегіштер — артық ылғалды сіңіруге немесе ылғал балансын реттеуге көмектеседі.
- Антимикробтық қаптамалар — микроорганизмдердің өсуін тежеуге арналған белсенді компоненттерді қамтуы мүмкін.

- Антиоксиданттық жүйелер — тағамның тотығу үдерістерін баяулатуға көмектеседі.

Полимерлік материалдар белсенді компоненттерді тасымалдаушы матрица ретінде пайдаланылады. Белсенді заттың бөлінуі полимердің құрылымына, диффузияға, температураға және ылғалдылыққа байланысты.

5. Интеллектуалды қаптамалар

Интеллектуалды қаптама — тағам өнімінің немесе оның айналасындағы ортаның жай-күйі туралы ақпарат беретін жүйе. Ол өнімнің балғындығын, сақтау жағдайларын немесе уақыт–температура әсерін бақылауға көмектеседі.

Интеллектуалды қаптамалардың мысалдары:

- Балғындық индикаторлары — өнімнің бұзылуымен байланысты химиялық өзгерістерге жауап беріп, түсін өзгертуі мүмкін.
- Уақыт–температура индикаторлары — өнімнің сақтау кезінде температура әсеріне ұшырауын көрсетеді.
- Газ индикаторлары — қаптамадағы белгілі газдардың өзгерісін анықтауға арналған.
- Смарт-датчиктер — өнімнің сапасы немесе сақтау ортасы туралы қосымша ақпарат бере алады.

Белсенді және интеллектуалды қаптамалардың айырмашылығы — белсенді қаптама өнімнің сақтау ортасына әсер етуі мүмкін, ал интеллектуалды қаптама сол орта немесе өнімнің күйі туралы ақпарат береді.

6. Биоыдырайтын және функционалды полимерлік материалдар

Биоыдырайтын полимерлер — белгілі бір орта жағдайларында микроорганизмдер мен ферменттердің әсерінен қарапайым қосылыстарға дейін ыдырай алатын полимерлер. Ыдырау жылдамдығы температураға, ылғалдылыққа, оттекке және микроорганизмдердің белсенділігіне байланысты.

Мысалдар:

- полилактид (PLA);
- полигидроксиалканоаттар (PHA);
- крахмал негізіндегі материалдар;
- целлюлоза негізіндегі материалдар.

Биоыдырайтын полимерлер бір реттік қаптамаларда, пленкаларда және кейбір арнайы функционалдық материалдарда қолданылуы мүмкін.

Функционалды полимерлік материалдар белгілі бір қызмет атқаруға арналған. Оларға антимикробтық, оттекке тосқауылдық, ылғалға төзімді немесе бақыланатын бөліну қасиеттері бар полимерлік жүйелер жатады.

Биоыдырайтын материалдың экологиялық артықшылығы оның нақты ыдырау жағдайларына байланысты. Мысалы, кейбір полимерлер өнеркәсіптік компосттау жағдайында жақсы ыдырағанымен, табиғи ортада дәл сондай жылдамдықпен ыдырамауы мүмкін.

7. Полимер қалдықтарын қайта өңдеу және экологиялық аспектілер

Полимер қалдықтарын басқару қоршаған ортаның ластануын азайтуға, шикізатты үнемдеуге және айналмалы экономика қағидаларын дамытуға мүмкіндік береді.

Қайта өңдеудің негізгі тәсілдері:

1. Механикалық қайта өңдеу. Полимер қалдықтары сұрыпталып, жуылып, ұсақталып, балқытылып, қайтадан өнім өндіруге пайдаланылады.
2. Химиялық қайта өңдеу. Полимерлер химиялық реакциялар арқылы мономерлерге немесе басқа пайдалы шикізатқа айналдырылады.
3. Энергетикалық қалпына келтіру. Қайта өңдеуге жарамсыз қалдықтардың энергиясын арнайы бақыланатын технологиялар арқылы пайдалану.
4. Қайта пайдалану және қалдықтарды азайту. Өнімнің қызмет ету мерзімін ұзарту, қаптама мөлшерін қысқарту және қайта пайдалануға болатын жүйелерді енгізу.

Экологиялық тұрғыдан қайта өңдеудің тиімділігі полимердің түріне, қалдықтардың тазалығына, сұрыптау сапасына және технологияның энергия шығынына байланысты.

Биоыдырайтын полимерлерді дәстүрлі пластиктермен бірге сұрыптаусыз араластыру қайта өңдеу сапасына кері әсер етуі мүмкін. Сондықтан қалдықтарды дұрыс бөлу және оларды тиісті өңдеу жүйесіне жіберу маңызды.

Қорытынды

Микрокапсулалау биологиялық белсенді заттарды қорғауға және олардың бөлінуін басқаруға мүмкіндік береді. 3D-тағамдық басып шығару өнімдердің пішіні мен құрылымын реттеуге жағдай жасайды. Белсенді қаптамалар тағамның сақтау ортасына әсер етсе, интеллектуалды қаптамалар оның жай-күйі туралы ақпарат береді. Биоыдырайтын және функционалды полимерлердің дамуы, сондай-ақ қалдықтарды тиімді қайта өңдеу тағам өнеркәсібінің тұрақты әрі экологиялық жауапты технологияларын қалыптастыруда маңызды орын алады.

Қарастырылатын негізгі сұрақтар

1. Инкапсуляция және микрокапсулалау.
2. 3D-биопринтинг технологиясы.
3. Белсенді қаптамалар.
4. Интеллектуалды қаптамалар.
5. Функционалды полимерлік материалдар.
6. Полимер қалдықтарын қайта өңдеу.

Дәрістің соңында студент:

- заманауи полимерлік технологияларды сипаттай алады;
- инкапсуляция мен 3D-биопринтингтің артықшылықтарын түсіндіре алады;
- белсенді және интеллектуалды қаптамалардың ерекшеліктерін талдай алады;

- полимер қалдықтарын қайта өңдеудің маңызын бағалай алады.

Ұсынылатын әдебиеттер

Негізгі әдебиеттер

1. Ерғожин Е.Е. *Жоғары молекулалық қосылыстар химиясы*. – Алматы: Альманах, 2019. – 451 б.

2. Ерғожин Е.Е., Құрманәлиев М.Қ. *Полимерлердің химиясы мен физикасы*. – Алматы: ҚР ЖОО қауымдастығы, 2012. – 391 б.

3. Семчиков Ю.Д. *Высокомолекулярные соединения*. – М.: Академия, 2008. – 366 с.

4. Киреев В.В. *Высокомолекулярные соединения*. – М.: Юрайт, 2020. – Т.1. – 365 с.

Қосымша әдебиеттер

1. Gutiérrez T.J. (Ed.). *Polymers for Food Applications*. – Springer, 2018. – 684 p.

2. Phillips G.O., Williams P.A. *Handbook of Hydrocolloids*. – 3rd ed. – Woodhead Publishing, 2021. – 948 p.

3. Han J.H. *Innovations in Food Packaging*. – 3rd ed. – Academic Press, 2024. – 640 p.