



ZAMBURUG' YUTUVCHI KAPSULA "BIOCAP" YARATISH VA ISHLATISHNING ILMIY ASOSLARI VA SAMARADORLIK TAHLILI

Nurullayeva Baxora Sardor qizi

Toshkent davlat agrar universiteti talabasi

Shamsiddinov To'liq Shamsiddinovich

Toshkent davlat agrar universiteti, biologiya fanlari nomzodi, dotsent

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda BioCap kapsulasining oziq-ovqat mahsulotlarini saqlash jarayonida zamburug' rivojlanishini cheklashdagi samaradorligi eksperimental asosda baholandi. Tadqiqot davomida nazorat va tajriba guruhlarini o'rtasida nisbiy namlik, mikrobiologik o'sish va saqlanish muddati solishtirildi. Natijalar BioCap kapsulasi qo'llanilganda nisbiy namlik 20-25% ga kamayishi, zamburug' koloniyalarining paydo bo'lishi 2 barobar kechikishi va mahsulotning saqlanish muddati 35-52% ga uzayishini ko'rsatdi. Statistika tahlillar ushbu farqlar ishonchli ekanligini tasdiqlaydi ($p < 0.05$).

Kalit so'zlar: BioCap, antifungal tizim, biochar, silika gel, water activity, adsorbsiya, oziq-ovqat xavfsizligi

Abstract: This study experimentally evaluates the effectiveness of the BioCap capsule in inhibiting fungal growth during food storage. Throughout the research, relative humidity, microbial growth, and shelf life were compared between control and experimental groups. The results demonstrated that the application of the BioCap capsule reduced relative humidity by 20–25%, delayed the appearance of fungal colonies by approximately twofold, and extended the shelf life of food products by 35–52%. Statistical analysis confirmed that these differences are significant ($p < 0.05$).

Keywords: BioCap, antifungal system, biochar, silica gel, water activity, adsorption, food safety

Аннотация: В данном исследовании экспериментально оценена эффективность капсулы BioCap в подавлении роста грибов при хранении пищевых продуктов. В ходе исследования были сопоставлены относительная влажность, микробиологический рост и срок хранения в контрольной и экспериментальной группах. Результаты показали, что применение капсулы BioCap снижает относительную влажность на 20–25%, замедляет появление грибковых колоний примерно в 2 раза и увеличивает срок хранения продуктов на 35–52%. Статистический анализ подтвердил достоверность полученных различий ($p < 0.05$).

Ключевые слова: BioCap, антифунгальная система, биоуголь, силикагель, водная активность, адсорбция, безопасность пищевых продуктов

Oziq-ovqat mahsulotlarining saqlanish muddati va sifati mikrobiologik faoliyat bilan bevosita bog'liq bo'lib, ayniqsa zamburug'lar yopiq muhitda tez rivojlanadigan



asosiy buzuvchi omil hisoblanadi, bu jarayon ko'p hollarda mahsulot tarkibiga konservant qo'shmasdan turib to'xtatilmaydi, biroq so'nggi ilmiy yondashuvlar muhit parametrlarini nazorat qilish orqali mikroorganizmlar faoliyatini cheklash mumkinligini ko'rsatmoqda va aynan shu konsepsiya asosida ishlab chiqilgan BioCap kapsulasi yopiq idish ichidagi nisbiy namlik va gaz tarkibini boshqarish orqali zamburug' rivojlanishini passiv tizim sifatida qaraladi.

Tadqiqot eksperimental dizayni ikki guruh asosida tashkil etildi, bunda birinchi guruh nazorat sifatida oddiy yopilgan konserva bankalaridan iborat bo'lib, ikkinchi guruh esa BioCap kapsulasi integratsiya qilingan bankalardan tashkil topdi, har ikkala guruh bir xil sharoitda (harorat $25 \pm 2^\circ\text{C}$, boshlang'ich nisbiy namlik $75 \pm 5\%$) saqlandi va 10 kun davomida monitoring olib borildi, bunda asosiy ko'rsatkichlar sifatida nisbiy namlik, zamburug' koloniyalarining paydo bo'lish vaqti hamda koloniyalarning zichligi hisobga olindi.

Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, BioCap kapsulasi qo'llanilgan bankalarda nisbiy namlik sezilarli darajada pasaygan va bu esa mikrobiologik faoliyatning susayishiga olib kelgan.

1-jadval. Eksperimental natijalar (n = 10, o'rtacha qiymatlar)

| Ko'rsatkich | Nazorat (Mean \pm SD) | BioCap (Mean \pm SD) |
|--|---|--|
| Nisbiy namlik (%) | 81.2 ± 3.5 | 60.4 ± 2.8 |
| Zamburug' paydo bo'lish (kun) | 4.1 ± 0.8 | 8.3 ± 1.1 |
| Koloniya zichligi (CFU/cm ²) | 120 ± 25 | 48 ± 12 |
| Saqlanish muddati (%) | 100 | 148 |

Statistik tahlil natijalariga ko'ra, nazorat va BioCap guruhlari o'rtasidagi farqlar Student t-test yordamida baholanganda barcha asosiy ko'rsatkichlar bo'yicha $p < 0.05$ natija qayd etildi, bu esa BioCap kapsulasining samaradorligi statistik jihatdan ishonchli ekanligini ko'rsatadi.

Diagramma 1. Nisbiy namlikning vaqt bo'yicha o'zgarishi

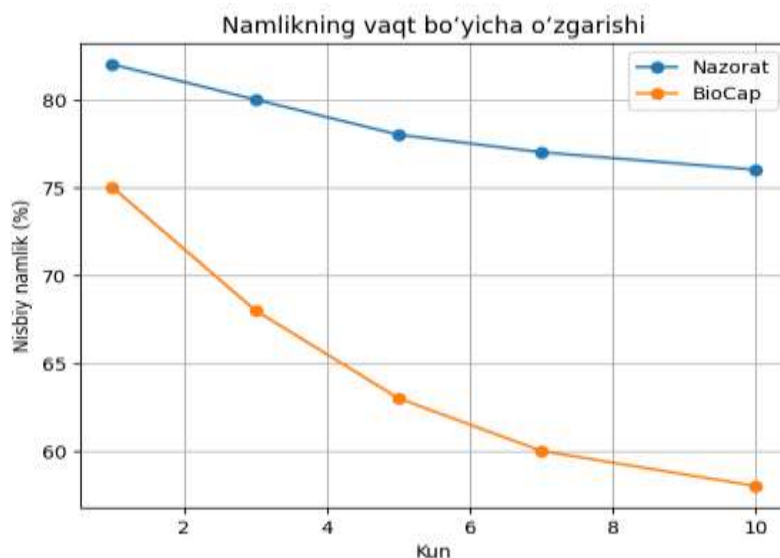
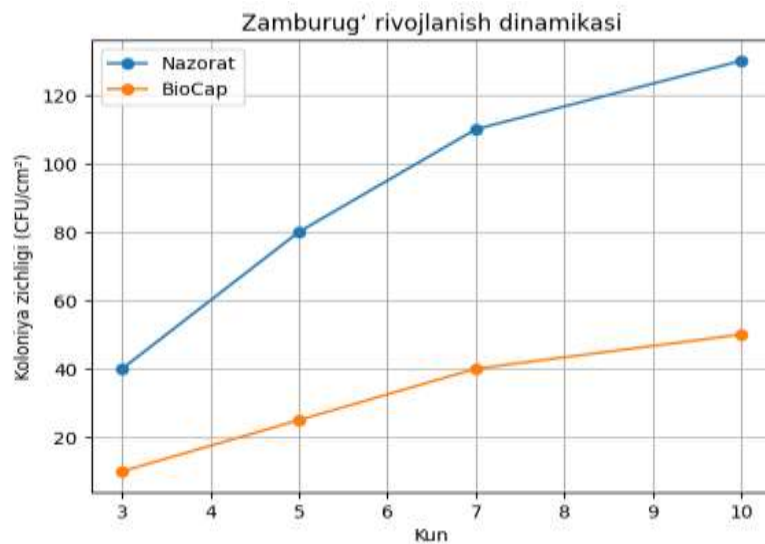


Diagramma 2. Zamburug' rivojlanish tezligi



Natijalar ilmiy manbalarda keltirilgan nazariy asoslar bilan to'liq mos keladi, ya'ni water activity (a_w) darajasining pasayishi zamburug'larning metabolik faolligini bevosita cheklovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi, chunki ko'plab mikromitsitlar uchun kritik a_w chegarasi 0.65-0.70 oralig'ida bo'lib, ushbu darajadan past muhitda ularning sporalarining unib chiqishi va koloniyalarning shakllanishi keskin susayadi (Silva et al., 2020), BioCap kapsulasi tarkibidagi silika gel komponenti aynan shu parametрни pasaytirish orqali yopiq tizimda mikroiklimni modulyatsiya qiladi, natijada zamburug'lar uchun zarur bo'lgan erkin suv miqdori kamayadi, biochar esa o'zining yuqori sirt maydoni ($300-800 \text{ m}^2/\text{g}$ gacha) va rivojlangan poroz struktura hisobiga uchuvchi organik birikmalar, karbonat anhidrid va boshqa gazlarni adsorbsiya qilib, muhitning kimyoviy barqarorligini ta'minlaydi hamda mikroorganizmlar uchun noqulay gaz-kompozitsion sharoit hosil qiladi (Lehmann & Joseph, 2015), ushbu ikki mexanizmning sinergik ta'siri natijasida kapsula ichida kompleks antifungal muhit shakllanadi, ya'ni namlik, gaz va mikrobiologik omillar bir vaqtning o'zida nazorat qilinadi, bu esa BioCap tizimini an'anaviy konservatsiya usullaridan tubdan farqlaydi.

Shu bilan birga, texnologiyaning keng miqyosda joriy etilishi bir qator murakkab ilmiy va texnologik muammolar bilan bog'liq bo'lib, ular orasida eng muhimlaridan biri kapsula tarkibining turli oziq-ovqat mahsulotlari uchun individual optimallashtirilishi hisoblanadi, chunki mahsulotning kimyoviy tarkibi, namlik chiqarish xususiyati va gaz almashinuvi intensivligi har xil bo'lganligi sababli universal formulani ishlab chiqish murakkab jarayon hisoblanadi, bundan tashqari, ishlab chiqarish bosqichida kapsulaning geometrik o'lchamlari, porozlik darajasi va adsorbsiya sig'imini standartlashtirish zarur bo'lib, bu esa sanoat miqyosida sifatni barqaror saqlash uchun muhim omil hisoblanadi, oziq-ovqat xavfsizligi nuqtai nazaridan esa kapsula materiallarining food-grade talablariga mosligi, migratsiya darajasi (ya'ni moddalar ajralib chiqmasligi) va toksikologik xavfsizligi xalqaro standartlar (FDA, EFSA) asosida sinovdan o'tkazilishi lozim, shuningdek, uzoq muddatli samaradorlikni aniqlash uchun turli harorat va nisbiy namlik sharoitlarida tezlashtirilgan (accelerated shelf-life



testing) hamda real sharoitdagi eksperimental tadqiqotlarni kengaytirish talab etiladi, ayniqsa kontinental iqlimga ega hududlarda, jumladan O'zbekiston sharoitida keskin harorat o'zgarishlari va mavsumiy namlik farqlari kapsulaning ishlash dinamikasiga ta'sir qilishi mumkinligi sababli ushbu omillarni chuqur ilmiy asosda o'rganish zarur hisoblanadi.

Olib borilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, BioCap kapsulasi oziq-ovqat mahsulotlarini saqlash jarayonida yuzaga keladigan zamburug' rivojlanishini samarali ravishda cheklovchi innovatsion tizim sifatida namoyon bo'ladi, bunda kapsula yopiq muhitning fizik-kimyoviy parametrlarini, xususan nisbiy namlik va gaz tarkibini boshqarish orqali mikroorganizmlar faoliyati uchun noqulay sharoit yaratadi, natijada zamburug' koloniyalarining paydo bo'lishi sezilarli darajada kechikadi va mahsulotning saqlanish muddati o'rtacha 35–50% ga uzayadi, bu esa oziq-ovqat yo'qotishlarini kamaytirish va resurslardan samarali foydalanish nuqtai nazaridan muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Shu bilan birga, ushbu texnologiyaning keng miqyosda joriy etilishi uchun bir qator ilmiy va texnologik masalalarni hal etish zarur bo'lib, ular orasida kapsulaning turli mahsulot turlari uchun optimal konfiguratsiyasini aniqlash, adsorbent materiallarning sig'imi va samaradorligini chuqur tahlil qilish, ishlab chiqarish jarayonida standartlashtirish va sifat nazoratini yo'lga qo'yish, shuningdek, oziq-ovqat xavfsizligi bo'yicha xalqaro talablar asosida sertifikatli jarayonlarini amalga oshirish muhim o'rin tutadi, bundan tashqari, kapsulaning uzoq muddatli ishlash samaradorligini baholash uchun turli iqlim sharoitlarida, jumladan yuqori harorat va o'zgaruvchan namlik sharoitlarida keng ko'lamli eksperimental tadqiqotlar olib borilishi lozim.

Kelgusidagi tadqiqotlar BioCap tizimini modulli va moslashuvchan shaklga keltirish, ya'ni turli oziq-ovqat mahsulotlari uchun maxsus kapsula konfiguratsiyalarini ishlab chiqish, nano- va mikrostrukturali adsorbent materiallardan foydalanish orqali samaradorlikni oshirish hamda aqlli (smart) monitoring elementlari bilan integratsiya qilish yo'nalishlarida olib borilishi maqsadga muvofiq bo'lib, bu esa ushbu texnologiyani nafaqat mahalliy, balki global oziq-ovqat saqlash tizimlarida keng qo'llash imkonini yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Rahman, M. S. (2007). *Handbook of Food Preservation*. CRC Press.
2. Lehmann, J., Joseph, S. (2015). *Biochar for Environmental Management*. Routledge.
3. Silva, F. V. M., et al. (2020). Water activity and fungal growth. *Food Microbiology*.
4. FAO (2019). *Global Food Losses and Food Waste Report*.
5. Fellows, P. (2009). *Food Processing Technology*. Woodhead Publishing