A laskagomba-termesztésről

Célkeresztben a mikrobák szerepe

Dr. Vajna Balázs

ELTE Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Mikrobiológiai Tanszék, Budapest

A **laskagomba-fajok** (*Pleurotus* spp.) nagyon közkedvelt, vadon élő és termesztett, fehérkorhasztó, ehető gombák, amelyek közül hazánkban elsősorban a **késői laskagombát** (*Pleurotus ostreatus*) termesztik (*1. kép*). Bár intenzív termesztése világszerte csak az 1960-70-es években kezdődött, Kínában 1997 és 2003 között megháromszorozódott a termesztett mennyiség, és ezzel megközelítette a másik két népszerű gomba, a **csiperke** (*Agaricus bisporus*) és a **shiitake** (*Lentinula edodes*) mennyiségét. Európában Magyarország a termesztés középmezőnyéhez tartozva Spanyolország (20.000 t), Olaszország (14.000 t), Lengyelország (4.000 t), Franciaország (3.000 t) és Hollandia (2.500 t) mögött a 6. helyen (2.000 t) áll a 2010. év adatai alapján.

Minek is köszönhető a laskagomba gyors elterjedése?

A laskagomba főbb tulajdonságai

A laskagomba ***értékes tápanyag*** a magas fehérje- és vitamintartalma, valamint alacsony zsírtartalma miatt. ***Kiemelt a gyógyászati jelentősége is***, ugyanis szerepet játszhat a daganatok és a gyulladások terjedésének gátlásában. Ezen kívül immunrendszer-moduláló, valamint vércukor csökkentő, trombózis gátló és antimikrobiális hatással is rendelkezik. Fogyasztása a vér lipidkoncentrációjának csökkenését idézi elő, és gátolja a magas vérnyomás kialakulását.

Mindezen túl fehérkorhasztó gombaként ***termesztéséhez sokféle, helyben keletkező mezőgazdasági melléktermékeket fel lehet használni*** (többek között szalmát, kukoricacsutkát, kipréselt cukornádat, a kávébab húsos héjhulladékát, fűrészport, gyapothulladékot, banánlevelet), ami csökkenti a termesztés költségeit. Annak köszönhetően, hogy a *Pleurotus* nemzetség egyes fajai a Föld különböző éghajlati övezeteiben terjedtek el, a laskagomba gyakorlatilag világszerte termeszthető. Emberi tápanyagként való felhasználásán túl alkalmazható mezőgazdasági melléktermékek állati takarmánnyá alakításában, szerves eredetű szennyező anyagok és xenobiotikumok biológiai lebontásában is.



1. kép **Késői laskagomba**

Történeti visszatekintés

A laskagomba-fajok közül elsőként a késői laskagomba (*Pleurotus ostreatus*) és az **ördögszekér laskagomba** (*P. eryngii*) keltette föl az erdészek érdeklődését. A múlt század elején, a természetes úton késői laskagombával fertőzött fatörzseket kivágták és az erdészlak közelében, árnyékos helyre helyezték, időről időre megöntözték. Az így tartott rönkökön évről évre megjelentek a termőtestek egészen addig, amíg a fa teljesen el nem korhadt. A komolyabb kutatómunka az 1910-es években, Németországban kezdődött, amikor kidolgozták a tömör faanyagon történő termesztést. Fűrészporon és lágyszárú növények melléktermékein történő első termesztési kísérletekről Floridában számoltak be 1958-ban.

Magyarországon a 60-as évek elején Véssey Ede, Tóth Ernő és Gyurkó Pál vezették be a farönkön történő termesztést. 1968-ban már exportálták is a beoltott rönköket többek között Olaszországba, Dániába, Hollandiába és az NSZK-ba. Ezt követte Heltay Imre, Tóth Ernő, Tóth László és Véssey Ede sterilizált mezőgazdasági hulladékon (pl. kukoricacsutka) történő termesztési technológiája. ***Termelési eljárásukat neveik kezdőbetűiből összeállítva, HTTV névre keresztelték, amit mára már 36 országban szabadalmaztattak.*** A módszer nagy lendületet adott a 60-as évek végétől meginduló és a 70-es években kibontakozó intenzív termesztéstechnológiának.

A hazai, de mondhatjuk, hogy az európai laskagomba-termesztés mérföldköve is a ***Gyurkó Pál által*** a 70-es évek elején előállított hibrid-fajták lettek. A *P. ostreatus* és a Kaliforniából származó *P. florida* keresztezése útján létrehozott fajták gyors fejlődésűek (3 hetes átszövetési idő), bőtermőek voltak, és a nyári meleget is jobban tűrték, mint a *P. ostreatus*. A sok hibrid fajtajelölt közül ***kiválasztott H-7 fajta lett az egyik szülője a*** Sylvan nemzetközi gombacsíra előállító üzem által ***még ma is forgalmazott HK-35 fajtának***.

A hetvenes évek során egy újabb laskagomba-kutató centrum jött létre a Zöldségtermesztési Kutatóintézet kecskeméti telephelyén. Itt a kutatás iránya az intenzív technológia egyszerűsítése felé fordult. 1984-ben szabadalmaztatták az úgynevezett ***száraz hőkezeléses (xeroterm) eljárást***.

A termesztés mai helyzete – extenzív és intenzív technológiák

A termesztés módszereit két fő csoportra lehet osztani: az extenzív és az intenzív technológiákra. Extenzív módszereknél az alapanyag hő-, vagy kémiai kezelés nélkül marad. Mivel a laskagomba fehérkorhasztó gomba, így – a csiperkével ellentétben – képes a kezeletlen kiindulási anyagok lebontására. Extenzív módszer a fentebb említett farönkös módszer, de lehetőség van megfelelően aprított és nedvesített mezőgazdasági hulladékok felhasználására is laskagomba csírával való közvetlen beoltással. A beoltás utáni inkubálás ebben az esetben hasonló az intenzív módszereknél leírtakhoz, azonban a termesztés sikere ekkor nem túlságosan kiszámítható. Alapvetően függ attól, hogy az alapanyag milyen mértékben fertőződött, ami lassíthatja vagy meg is gátolhatja a laskagomba növekedését. Ezen részben nagyobb mennyiségű gombacsíra bekeverésével lehet segíteni, ekkor viszont a költségráfordítás már nem áll arányban a gomba hozamával.

Intenzív eljárások esetén az alapanyagot hővel és vagy vegyszerekkel kezelik, majd ezt a gombacsírával való beoltás követi. Az intenzív termesztés tehát két részből áll: az alapanyag előkészítése (gyártása) és a szorosabban vett gombatermesztés, amikor is a becsíráztatott alapanyagot átszövi a gomba micéliuma, és létrehozza a termőtestet.

Baktériumok és mikrogombák szerepe az alapanyaggyártásban

Az ELTE Mikrobiológiai Tanszékét 2005-ben kereste fel ***a laskagombatermesztő Pilze-Nagy Kft.*** néhány, az alapanyaggyártással kapcsolatos kérdéssel. Az akkor kialakult szakmai kapcsolat mindkét fél számára gyümölcsözően alakult, így a továbbiakban a saját tapasztalataimat is felhasználva mutatom be részletesebben az alapanyaggyártást.

Mint az előzőekben említettem, a laskagombának nincs feltétlen szüksége az alapanyag előkezelésére. Ebben az esetben azonban a gomba terméshozama alacsonyabb és ingadozóbb lesz, ami nem felel meg a nagyüzemi termesztés igényeinek. A kiszámíthatóbb termesztés érdekében hazánkban, de Európa más részein is, egy részleges komposztáláson (előkezelésen, prefermentáción), pasztörizáláson és kondícionáláson (posztfermentáción) alapuló alapanyaggyártást alkalmaznak. A folyamat célja, hogy a laskagomba számára optimális termesztőközeget, szubsztrátot hozzon létre. Ehhez el kell távolítani a versengő és a laskagombára nézve patogén mikroorganizmusokat, és olyan környezetet kell kialakítani, ahol egy esetleges későbbi újrafertőződés esetén sem tudnak ezen szervezetek elszaporodni.

Részleges komposztálás

A részleges komposztáláshoz először is ***a kiindulási anyag***ként használt ***száraz búzaszalmá***hoz kis mennyiségű (5 tömeg %) lucernát adnak, majd az egész anyagot aprítják és nedvesítik. Érdemes megjegyezni, hogy búzaszalmát először Magyarországon alkalmaztak laskagomba-termesztésben 1973-ban a borotai üzemben. *A **lucernára mint nitrogén-kiegészítőre van szükség***. Azonban vigyázni kell vele, mert egyrészt serkenti a versengő és patogén mikroorganizmusok szaporodását is, másrészt, ha túl nagy mennyiségben adagoljuk, akkor később az átszövetés felgyorsulhat, és így az alapanyag hőmérséklete oly mértékben megemelkedhet, ami már káros a laskagomba számára. Ezért adjuk az alapanyaggyártás legelején a szalmához. Ekkor ugyanis a felszabaduló nitrogén még beépülhet a nehezebben bontható, ám a laskagomba számára hozzáférhető, mikrobiális biomasszába, sejtfalakba.

Magát ***a részleges komposztálást*** általában ***nagy halmokban végzik*** 1 héten keresztül (*2. kép*). Ekkor az aprított, nedvesített szalmahalomban a víz hatására a szalma felületén található mikrobák aktivizálódnak, és elkezdik a könnyen bontható vízoldékony szénforrásokat felhasználni. A tápanyaglebontás közben hő szabadul fel, ami folyamatosan emeli a komposzthalom hőmérsékletét. Miután elfogynak a könnyebben bontható szénforrások, a mikrobák elkezdik bontani a cellulózt, hemicellulózt és a lignint is. Közben a halmot 1-2 naponta átforgatják,



2. kép **Halomba rakott aprított, nedvesített alapanyag a részleges komposztálás során**

hogy a komposzt belseje ne váljon anaerobbá, és hőmérséklete ne emelkedjen 60-70 °C fölé. A hőmérséklet változásának megfelelően a kezdeti mezofil mikrobiotát egy magasabb hőmérsékletet kedvelő, termofil mikrobiota váltja fel.

A részleges komposztálásnak több célja van. Egyrészt szükség van arra, hogy a szalma kellő mennyiségű vizet vegyen fel és nedvességtartalma elérje a 75 %-ot, de ehhez először a mikrobáknak le kell bontania a szalma viaszos külső rétegét. Másrészt a mikrobák a könnyen lebontható szerves anyagok (pl. cukrok, aminosavak) elhasználásával csökkentik a pasztörizálás után egy esetleges újrafertőződés esélyét. Ezen fertőző mikrobák gyors növekedéséhez ugyanis szükség van ezekre a könnyen lebontható szerves anyagokra. Érdemes megjegyezni, hogy a laskagomba számára is káros lenne a nagy mennyiségű, túl könnyen hozzáférhető tápanyag. Azok nagyon gyors lebontása ugyanúgy a közeg túlmelegedéséhez, és 40 °C felett már a laskagomba pusztulásához is vezetne, mint a korábban már említett túlzott nitrogén bevitel.

Pasztörizálás

Egy hét után a részlegesen ***komposztált alapanyagot alagutakba töltik***, ahol 65 °C-on 12 órán keresztül ***pasztörizálják***. ***A pasztörizálásnak más formái is léteznek***. A hőkezelést forró vízzel is végre lehet hajtani. Ekkor az aprított szalmát 70-80 °C-os vízbe merítik 15 percre. Majd ezt több alkalommal is megismétlik egészen addig, amíg az áztatás után a víz már tiszta marad. Ezután a szalma becsíráztatható és zsákokba rakható az átszövetéshez. A módszer egyszerre biztosítja az alapanyag nedvesítését, pasztörizálását és a könnyen oldódó anyagok eltávolítását. Nagy vízfogyasztása miatt mégsem túlságosan elterjedt. Száraz hőkezelés (xeroterm eljárás) során, a kalapácsos darálóval aprított száraz szalmát hőkezelő alagutakba töltik, ahol 100 °C-on szárazon melegítik 1 órán keresztül. Ezután fungicides vízzel nedvesítik, ami egyben le is hűti a megfelelő hőmérsékletre az alapanyagot, majd becsíráztatják. Létezik a módszernek egy „kémiai sterilizálásnak" nevezett, Indiában kidolgozott változata, ami valójában nem teljes sterilizálás, hanem csak egy pasztörizálás. Ehhez az aprított szalmát különböző fungicideket tartalmazó vízben nedvesítik, és ezután becsíráztatják. Fontos megemlíteni, hogy jelenleg Magyarországon nem engedélyezett a fungicidek használata a laskagomba termesztésében, így az utóbbi két módszer nem alkalmazható.

A pasztörizálás célja, hogy elpusztuljanak az ízeltlábúak (pl. gombalegyek), férgek és a mezofil mikrobák, melyek között találhatóak **a *laskagombával versengő vagy számára káros mikrobák többsége***. Mindeközben puhul a szalma, így később könnyebben hozzáférhető és bontható lesz. A pasztörizálás hőmérséklete nem feltétlenül haladja meg a komposztálását. Azonban a komposztálás során mindig találhatóak kevésbé forró részek, ahol a fenti szervezetek még túlélhetnek. Ezzel szemben a pasztörizálás azért éri el célját, mert a folyamat során az egész alapanyag hőmérséklete egységesen magas. Ez a lépés sem eliminálja az összes mikroorganizmust, a termofil, vagy spórás szervezetek túlélik a kezelést, ami csökkenti a későbbi fertőződés esélyét.

Itt érdemes megjegyezni, hogy lehetséges sterilizált szalmán is laskagombát termeszteni. A módszer hátránya azonban pont az, hogy az alapanyag ezután nagyon érzékeny a fertőzésre, így steril körülmények között kell becsíráztatni, és az átszövetést elkezdeni. Ez meglehetősen drága. Emiatt nem a termesztésben, hanem elsősorban kutatási célokra alkalmazzák. További hátránya, hogy a magas hőmérsékleten az alapanyag kémiai szerkezete is változik, ugyanis részben felbomlanak a szalma fő anyagát alkotó lignocellulózokban található hidrogénhidak, ami hozzájárul az egyszerű cukrok kioldódásához.

Kondícionálás

Az alapanyaggyártás utolsó lépése a ***kondícionálás***, ami két napig 48 °C-os hőmérsékleten való tárolást jelent. Ez idő ***alatt elszaporodnak azok a mikrobák, amelyek túlélték a komposztálást és a pasztörizálást***. Ilyenek például az aktinobaktériumok, melyek tömeges elszaporodását jelezheti az alapanyagon található fehér bevonat. Ezek a ***mikrobák betöltik azt a biológiai vákuumot, amely a pasztörizálás során keletkezik***, ugyanakkor a laskagomba számára nem károsak. Így ***segítenek megakadályozni, hogy a későbbiekben az alapanyag kívülről befertőződjön*** a laskagomba számára potenciálisan patogén mikrobákkal, például zöld penészekkel. Ezen szerepet jól mutatja, hogy amennyiben laboratóriumban végzett kísérleteink során sterilizált alapanyagot használtunk, gyakran tapasztaltuk, hogy az alapanyag befertőződött.

Bepillantás a fekete dobozba

Annak ellenére, hogy már több mint 50 éve elkezdődött a laskagomba nagyüzemi termesztése, mindeddig keveset tudtunk az alapanyaggyártás fő lépései mögött meghúzódó részletekről. Ugyanis a termesztés szempontjából az az elsődleges, hogy a laskagomba nagy mennyiségben teremjen, nem feltétlenül érdekes, hogy pontosan milyen baktériumok és mikrogombák készítik elő az alapanyagot. Más megközelítésből viszont fontos tudni, hogy mennyire stabil, kiszámítható ez az alapanyaggyártás, amelyben segíthet a folyamat hátterének jobb megismerése.

Vizsgálataink során, melyeket a Pilze-Nagy Kft. felkérésére az SzTE Mikrobiológiai Tanszékével és a BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszékével közösen végeztünk a következő eredményekre jutottunk.

A halomkomposztálás alatt, a halom külső, hidegebb régióiban mikroszkopikus gombák találhatóak. Nagy részük olyan mezofil bazídiumos élesztőgomba, amelyek mérsékelt mennyiségű extracelluláris enzimet termelnek. A halomkomposztálás termofil fázisából sikerült még fonalas gombákat kimutatni, azonban nem találtunk gombákat az alagútban a pasztö-

rizálás és a kondícionálás egyenletesen magasabb hőmérsékletén. Tehát a mikroszkopikus gombák elsősorban a kezdeti mezofil fázisban játszanak szerepet változatos extracelluláris enzimeiknek köszönhetően, amelyek részt vesznek a búzaszalma lignocellulóz-bontásának az elkezdésében.

A baktériumok viszont végig jelen vannak az alapanyagban. A gyártás elejére az általános elterjedésű mezofil baktériumok jellemzőek. A halomkomposztálás végére más komposztálási rendszerek termofil fázisából már ismert mikrobiota alakul ki, amelynek domináns tagjai a termofil *Bacillus* és rokon nemzetségei, valamint a *Pseudoxanthomonas* fajok. Míg a kész alapanyagban a fentebb már említett aktinobaktériumok, a *Thermus* nemzetség és a sok spórás fajt magában foglaló *Firmicutes* baktériumok dominálnak. Az is fontos felismerés, hogy bár a gyártáshoz felhasznált szalma több helyről is származik, és a folyamatos tárolás során is változik kicsit a szalma minősége, a kész alapanyag baktériumközössége elég állandó.

Megnéztük, hogyan változik mindeközben a szalma fő anyagának, a lignocellulózoknak az összetétele. Azt tapasztaltuk, hogy lignin alig, míg a cellulóz és a hemicellulóz mennyisége is csak kis mértékben csökken. Azonban jelentősen nőtt a lignocellulóz enzimes bonthatósága. Vagyis az alapanyaggyártás során a mikrobák nem annyira bontják a lignocellulózokat, inkább csak fellazítják a szerkezetüket, ezzel is elősegítve, hogy a laskagomba minél könnyebben hozzájuk férjen.

Maga a szűkebb értelemben vett termesztés

A laskagomba termesztése általában zsákokban történik, de steril módszereknél üvegedényeket is használnak. Ezekbe töltik bele a kész alapanyagot (*3. kép*), amihez már hozzáadták a laskagombával átszövetett gabonaszemeket, a „szemcsírát". Az első 2-3 héten a gombafonalak átszövik az alapanyagot. Ehhez nincsen szükség fényre és különösebb szellőztetésre sem, csak az adott laskagomba törzsnek megfelelő hőmérsékletre. A termőtest-kezdemények képződését a környezeti körülmények hirtelen megváltoztatásával lehet elindítani. Ez magában foglalja a hőmérséklet csökkentését (nagyjából 10 °C-kal), a páratartalom emelését (95 % körüli értékre), a jobb oxigénellátást (szellőztetőrendszerek beindítása) és 1000-1500 lux megvilágítást 3-5 napig. A termőtestek fejlődése ezután már pár fokkal magasabb hőmérsékleten alacsonyabb páratartalom (85 % körül) és további intenzív szellőztetés mellett történik a következő 4-7 nap folyamán. Végül az érett termőtestek leszedhetőek (*1. kép*). Ezután a folyamat egy másodlagos átszövetéssel való újrakezdésével még további 1-2 terméshullámot lehet leszedni az alapanyagról.



3. kép **Az alagútból kijövő kész laskagomba alapanyag**

Jelenleg még nem tudjuk, hogy a baktériumok milyen szerepet játszanak az átszövetés és a termőtestképzés alatt (*4. kép*). Hiszen a laskagomba steril körülmények között is termeszthető, tehát úgy tűnhet, hogy nincsen baktériumokra közvetlen szüksége a termőtestképzés során. Ezen kérdés eldöntéséhez még meg kell vizsgálni magát a laskagomba önálló tenyészetét is, mert lehet, hogy a gomba önmagában tartalmaz baktériumot. Fontos megjegyezni, hogy kísérleteink során a sterilizált alapanyagon kicsit lassabban nőtt a gomba. Ennek pontos okát még nem ismerjük. Egyelőre annyit mondhatunk el, hogy a jelenlévő baktériumok csökkentik a fertőzés valószínűségét, illetve az átszövés kezdetén könnyen bontható tápanyagforrásként állnak rendelkezésre a laskagomba számára.

A szerzőt az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram (OTKA K-83764) és a Magyary Zoltán Posztdoktori Ösztöndíj (A1-MZPD-12-0166) támogatta.

Fotó: A szerző felvételei



4. kép **Az átszőtt alapanyag mikroszkópos képe. Jól látszanak a kalkofluorral megfestett laskagombafonalak, valamint a körülöttük lévő, akridinnaranccsal megfestett baktériumok.**