



INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2024. november 20.

KOJI GOMBA VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ GABONÁKON

Investigation of Koji fungus on different grains

Készítette: **Sándor Lőrinc**
HQCKCZ
Élelmiszermérnök, alapképzés
Levelező tagozat
Budai Campus

Témavezető: Kóczán Györgyné dr. Manninger Katalin,
egyetemi adjunktus, Gabona és Iparinövény Technológiai Tanszék,
Budai Campus

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudományi szekció

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	4
2. Szakirodalmi áttekintés.....	6
2.1. Fermentálás	6
2.2. A koji életciklusa.....	7
2.3. A spórák előállítása	8
2.4. Umami.....	10
2.5. A koji kinevelése gabonán.....	10
2.6. Malátázás és koji.....	11
2.7. Miso	13
2.8. Amazake.....	14
2.9. Shio koji.....	14
2.10. Garum	14
3. Anyagok és módszerek.....	16
3.1. Felhasznált anyagok.....	16
3.1.1. Gabonák.....	16
3.1.2. Koji spóra	16
3.2. A minták elkészítése	17
3.2.1. Koji	17
3.2.2. Amazake	18
3.2.4. Shio koji	18
3.3. Felhasznált eszközök	19
3.4. Koji minták színmérése.....	19
3.5. pH mérés	20
3.6. Cukorfok mérés.....	21
4. Eredmények és értékelésük	22
4.1. Munka során használt rövidítések	22
4.2. Koji kinevelése gabonákon.....	22
4.2.1. Aspergillus luchuensis	22
4.2.2. Aspergillus oryzae	24
4.3. Mikroszkópos képek.....	26
4.4. Koji minták eredményei.....	27
4.4.1. pH mérés	27
4.4.2. Színmérés	27
4.4. Amazake eredményei.....	28
4.4.1. pH mérés	28
4.5.2. Cukorfok mérés	29

4.5.	<i>Shio koji eredményei</i>	30
5.	Összefoglalás	32
6.	Irodalomjegyzék	34
	Ábrák és táblázatok jegyzéke	35

1. Bevezetés és célkitűzések

A fermentálás az elmúlt tíz évben a gasztronómia egyik legtöbbet foglalkoztatott területévé vált, köszönhetően többek között annak is, hogy ezzel párhuzamosan a zöld és fenntarthatóbb szemlélet is nagyobb teret nyert magának. A különböző tartósítási eljárásokon belül is véleményem szerint különleges eljárás a fermentáció, hiszen itt egy biológiai úton történő tartósításról beszélünk, amihez különböző mikroorganizmusokat használunk. Szakdolgozatom a fermentálás egy izgalmas ágával, a penészgombákkal való fermentálással, ezen belül is a kojival foglalkozik, ami itthon jelenleg még nem túl elterjedt. A koji és az abból készült élelmiszerek készítése napjaink nyugati gasztronómiájának egyik megkerülhetetlen témája, ami már rég túllépett a hagyományos felhasználásain, és rengeteg kreatív és innovatív ötlet alapjává vált. Témaválasztásomat nagyban befolyásolta a munkám is, mivel egy olyan budapesti fine dining étterem szakácsa lehetek, ahol nagy hangsúlyt fektetünk a fermentálásra és azon belül is a kojira, így tehát számomra a téma ismerős és szeretett is.

Ázsiában, ezen belül is Japánban több ezer éve foglalkoznak a kojival, és a belőle készült élelmiszerek nem csak az ottani étkezés alapvető élelmiszerei, hanem mára már az egész világon elterjedtek. Ezek az élelmiszerek többek között a szójaszószt, a miso és a szaké is. Szerintem sokan nincsenek tisztában ezen élelmiszerek készítési módszereivel, pedig egyre gyakoribb résztvevői az étkezésünknek. A koji készítésének technológiája és felhasználása pedig akár hazánkban is izgalmas, új lehetőségeket kínálhat akár háztartási, éttermi, de akár ipari szinten is.

A koji egy olyan nemespenészgomba, amit hagyományosan gabonán nevelnek ki, ami többnyire rizs, szójabab vagy árpa. A gomba növekedése során szénhidrát- és fehérjebontó enzimeket állít elő, ami miatt készíthető belőle magas umami-tartalmú élelmiszer (szójaszószt és miso) vagy alkohol (szaké). Több gombafaj is használható koji készítésére, ezek mind az *Aspergillus* törzsbe tartoznak.

Dolgozatomban bemutatom a koji gabonán történő kinevelését három különböző gabonán, rizsen, hajdinán és árpán. Kétféle gomba spórát használok, mindkettő eltérő karakterű és felhasználású, az egyik az *Aspergillus oryzae*, ami az egyik legelterjedtebb spóra, a másik az *Aspergillus luchuensis*. Ezt követően magát a kojit vizsgálom, illetve készítek belőle két terméket, amazakét és shio kojit. Az amazake egy édes gabonakása, a shio koji pedig egy fermentált ízesítő, aminek jó ízfokozó hatása van. Ezen kívül röviden bemutatom a hagyományos koji készítményeket, illetve néhány olyan felhasználási módszert, amit a munkám során használunk.

A hazai szakirodalomban nem igazán van jelen a koji, de nemzetközi szinten is viszonylag kevésbé kutatott téma, a legtöbb kutatás Japánban történik, hiszen mind a mai napig ez a koji központja.

Célom, hogy népszerűsítsem ezt a fantasztikus fermentációs eljárást és mást is arra sarkalljak, hogy foglalkozzon a témával, illetve, hogy egy valamelyest átfogó és érthető szakirodalom jöjjön létre.

Kutatásom során az alábbi kérdésekre keresem a választ, amire az eredmények kiértékelése és az összefoglalás során választ adok:

- Milyen különbség tapasztalható a két különböző gomba spóra és a három különböző szubsztrátum között növekedésük során?
- Amazake készítésekor mennyire befolyásolja a szubsztrátum a cukortartalmat és az, hogy mennyire kifejlődött kojit használunk hozzá?
- Hogyan változik a shio koji pH-ja a fermentálás során és ez alapján mire lehet következtetni?

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Fermentálás

A fermentálás egy olyan tartósítási módszer, amely nem csak az élelmiszer eltarthatóságát növeli, hanem megváltoztatja azok tulajdonságait, növelni képes a tápértékét és bizonyos alapanyagok emészthetőségét is nagyban elősegíti. A világ minden táján megtalálhatóak ezek a fermentált élelmiszerek, az adott klíma és az elérhető alapanyagoktól függ, milyen módon kerülnek feldolgozásra. Majdnem az összes élelmiszercsoport fermentálható, legyen az hús, hal, tej, gabonák, zöldség és gyümölcs (Allwood, Wakeling, Bean, 2021).

Ross és társai (2002) szerint a fermentálás egy olyan tartósítási eljárás, ahol a számunkra jótékony mikroorganizmusok és az általuk termelt anyagcseretermékek által védjük meg az élelmiszert a káros és romlást okozó mikroorganizmusoktól.

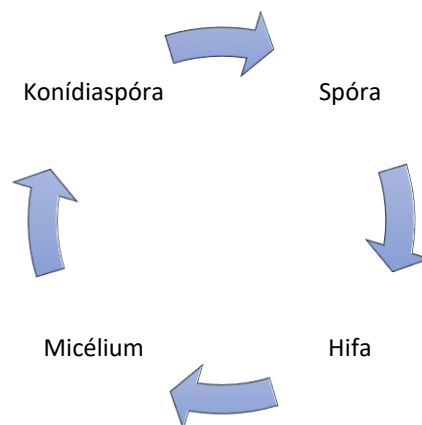
Shih és Umansky (2020) állítása szerint a kojival való ételek előállítását meg kell különböztetnünk az egyéb fermentálásoktól és autolízisnek hívják, mert a kojínál a gomba által előállított enzimek akkor is működnek és dolgoznak, amikor maga a gomba már inaktív és elpusztult, míg egy például laktofermentálásnál a folyamat csak addig mehet végbe, amíg aktív tejsavbaktériumok vannak jelen.

Yamashita (2021) megfogalmazása szerint a koji elnevezés három dolgot is jelenthet, szóval ez inkább egy gyűjtőfogalom, mintsem konkrétum. Az első az azokat a nemzeti kincsként kezelt Japán gombafajokat jelenti, amelyek a gasztronómiájuk alapját képező élelmiszerek elkészítéséhez szükségesek (japánul *kōji-kin*). Ezek az *Aspergillus oryzae* (*kikōji-kin*), az *Aspergillus sojae*, és az *Aspergillus luchuensis*, illetve annak a változati, az *A. awamori* és az *A. kawachii*. Második jelentése a koji spóra, vagyis *koji-tane*, harmadik jelentése pedig maga a gabona, amin kinőtt a gomba, amit aztán az élelmiszerek készítésére használnak fel.

2.2. A koji életciklusa

A koji egy penészgomba, ezeknek a gombáknak pedig nagyon hasonló az életciklusuk. Spóráként kezdik az életüket, ennek a mérete körülbelül akkora, mint egy sperma sejtnek. Ezek a spórák aztán többnyire a szél és a levegő által megtalálják a szubsztrátumot, ahol megfelelőek a körülmények ahhoz, hogy kifejlődjenek. Ha ezek a körülmények, vagyis a hőmérséklet és a páratartalom megfelelő, elkezdenek növekedni, eközben hifákat növesztenek, ezek leginkább a fák gyökeréhez hasonló nyúlványok. Miközben teljesen átszövik a szubsztrátumot, enzimeket termelnek ki, melyek lebontják a táptalajt olyan tápanyagokká, amely a hifa számára könnyedén feldolgozható. Megfelelő mennyiségű tápanyag felszívása után a hifa átalakul micéliummá, amely, mint egy sűrű szőnyeg, átszövi teljesen a szubsztrátumot. Ezután a gomba elkezd a reprodukciós fázisát. Konídiospórák termelése kezdődik ebben a fázisban, melyek tartalmazzák azokat a spórákat, amelyek a gomba következő generációjához szükségesek. Amikor a gomba eléri a teljesen érett állapotát, a konídiospórák elengedik a spórákat, amivel az egész folyamat újrakezdődik (**1. ábra**) (Shih, Umansky, 2020).

1. ábra: Penészgombák általános életciklusa (Forrás: Shih és Umansky, 2020 nyomán)



2.3. A spórák előállítása

A spórák előállítása ipari, labori körülmények között történik. 1949-ben még 43 ilyen manufaktúrát tartott számon a National Koji Starter Association, napjainkban már csak 12 létezik, ezek közül viszont kettő hatszáz éve működik, és csak hat árul nemzetközi szinten. Mindegyik cég saját laborral rendelkezik, ahol ellenőrzik a gyártást, a minőséget, kutatásokat folytatnak, akár egyetemekkel közösen és új típusokat állítanak elő. Koji spórát egész évben tudnak előállítani és ez a 12 cég csak Japánban körülbelül 1900 szaké, 1200 miso és 1500 szójaszószt gyártót lát el. (Machida, Yamada, Gomi, 2008 és Yamashita, 2021)

Koji készítésekor a spórázás az egyik általános szakasz, a spóra gyártási folyamata mégis különbözik ettől, hiszen ilyenkor a fókusz nem az enzimekre és azok optimalizálására esik, hanem hogy minél több tiszta, baktériumoktól mentes spóra keletkezzen, ami utána sokáig el is tartható. Természetesen itt is ugyanazok a tényezők fontosak, mint bármilyen koji vagy penészgomba tenyésztésekor, vagyis a hőmérséklet, páratartalom, a vízaktivitás és az oxigén mennyisége.

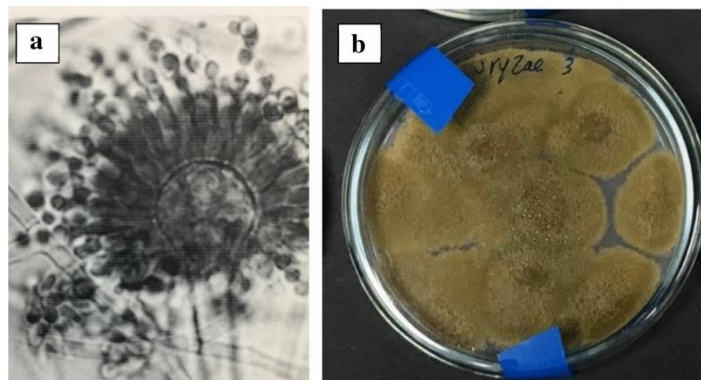
A használt gabonánál fontos, hogy hántolt legyen, ennek a mennyisége fajtától függ. Darált, porszerű állapotában megnő a terület, amire a gomba tapadni tud, ezért több spórát tud termelni, cserébe több káros baktérium tud megtelepedni, ami megnöveli a keresztszennyezés lehetőségét. A koji általános nevelési ideje 40-45 óra, ez a spóra gyártás során 4 és 6 nap közé esik. A koji növekedése során lebontja a szénhidrátot, ez hőfejléssel jár, ezért, ha nem avatkoznának közbe, a koji képes lenne magától 50°C felé menni, ahol viszont már nem életképes. Ennek elkerülése érdekében csökkenteni kell a hőmérsékletet. Mivel a hűtés során víz távozik, ezért a víz eltávolítása az egyik módszer, hogy ne melegedjen túl a koji. Fajtól függően ezért 40% környékére állítják be a páratartalmat.

A gabonát a lehető legmagasabb sterilitás érdekében nyomás alatt főzik meg, majd olyan termekben hűtik le, ahol a levegőt speciális szűrőkkel szűrik meg, amihez 0,1-0,5% hamut adagolnak, hiszen ez bizonyítottan csökkenti a baktériumok szaporodását.

A koji optimális növekedése 30 és 35°C, viszont ez a hőmérséklet a káros baktériumoknak is kedvez, ezért a koji nevelését általában alacsony hőmérsékleten szokták kedvezni. A kojiban a Micrococcus, illetve a Bacillus fajhoz tartozó baktériumok a leggyakoribbak. A natto egy Japánban közkedvelt étel, ami Bacillus natto-val fermentált szójabab, ez a baktérium viszont annyira erős, hogy a koji gyártásban dolgozó emberek nem is nagyon fogyaszthatják, mert nagyon könnyen keresztszennyeződést okozhat, akár szájon át kilélegezve is. A koji

növekedése 25°C alatt erősen lelassul, ezért a beoltást általában 30 és 32°C között végzik és közben gyakran keverik. 50-60 cm vastagon rétegezik a kojival beoltott gabonát, majd 30°C-on tartják. 20-24 óra után már annyira megerősödik a koji, hogy a hifa elkezd átészni a gabonát, ilyenkor a hőmérséklete 40°C fölé is mehet. Ilyenkor fontos a keverés, egyrészt, hogy a hőmérséklet az optimális tartományban maradjon, illetve, hogy kellő mennyiségű oxigénhez jusson. Ezt követően 1-2 cm vastagon kiterítik, ehhez hagyományosan fából készült dobozokat használnak (koji-buta), majd egy erre dedikált szobába teszik (koji-muro), ahol a páratartalom közel 100%. A kojit innentől kezdve nem mozgatják, hogy a lehető legtöbb spóra keletkezzen. A kifejlődött spórák csírázási aránya közel 90%, viszont ezek a spórák egy hónap után elpusztulnak. Ahhoz, hogy tovább életben maradjanak, a víztartalmukat a kezdeti 40%-ról 10%-alá kell csökkenteni. Mivel a koji spóra 45°C fölött elpusztul, ezért a szárítás 40-42°C között történik, így a szárított spóra élettartama egy évre növekszik. Enzim aktivitásukat laborban vizsgálják, mielőtt csomagolásra kerül. A koji spóra átmérője körülbelül 5 µm (**2. ábra**), mennyiségük fajtanként változó, grammonként 5 és 30 milliárd közé tehető. Becslések szerint egy szem rizshez 5 és 10000 db spóra tapad hozzá (Yamashita, 2021).

2. ábra: *Aspergillus oryzae*: a – elektronmikroszkópos felvétele; b – burgonya dextróz és agar-agar táptalajon kinevelve (Forrás: Daba, Mostafa, Elkhateeb, 2021)



2.4. Umami

A koji egyik fontos tulajdonsága, hogy proteolitikus enzimeket állít elő, ezért a kojival fermentált élelmiszerek egyik közös jellemzője, hogy magas az umami tartalmuk, gondoljunk csak a szójaszószra vagy a miszóra. Ezen kívül a Japán konyha néhány jellegzetes alapanyaga is igen magas az umamiban. Az umami az ötödik alapíz, a sós, édes, savanyú és keserű mellett. Egy fehérjealkotó, nem esszenciális aminosavról van szó, a glutaminsavról, melynek nátriummal alkotott sója a nátrium-glutamát, más néven MSG.

Brillat-Savarin gasztronómus és epikureista már 1825-ben feltételezte egy úgynevezett „húsos” íz meglétét, ezt az 1825-ös Az Ízlés Fiziológiája című könyvében „osmasome” -nak nevezi el, de a molekulát nem tudja izolálni (Shizuko, Kumiko, 2000).

Kikunea Ikeda, a tokiói Imperial egyetem vegyésze izolálja először sikeresen, miközben a kombu algát tanulmányozza. Ez az egyik fő alapanyaga a katsuobushi (tonhalpehely) mellett a dashinak, ami tulajdonképpen egy japán alaplé. Az ebből készült redukcióból mutatta ki először az ötödik alapízért felelős molekulát, melyet umaminak nevezett el, ami azt jelenti, finom íz (Johnson, 2024).

2.5. A koji kinevelése gabonán

A koji sikeres kineveléséhez néhány fontos lépést kell betartanunk. Először a kiválasztott gabonát átmoszuk, az esetleges szennyeződések és hibás szemeket eltávolítjuk. Lehetőleg jó minőségű, organikusan termesztett gabonát használjunk. Az áztatás ideje függ a gabona típusától 30 perc és 5 óra között. Ezt követően lecsöpögtetjük a beáztatott gabonát, majd gőzöljük. Főzni nem javasolt, mert a gabonaszem könnyen túl sok vizet szív magába és az állaga nem lesz megfelelő, pépessé válhat, ez pedig akadályozza, hogy a gomba be tudjon hatolni a gabonaszem belsejébe és elegendő mennyiségű enzimet termeljen (Redzepi, Zilber, 2018).

A gőzölés időtartamát nagyban befolyásolja a gabona típusa és a hidratáltság mértéke, ez 10 és 90 perc közé tehető. A lényeg, hogy végeredményben a gabonaszem állaga „al dente” maradjon. A japánok erre a gaikou-nainan kifejezést használják, vagyis az az állapot, amikor a felülete kemény, belül viszont puha. Ez arra kényszeríti a gombát, hogy a gabonaszem belseje felé haladjon, ne csak a felszínen tapadjon meg. Ezután a gabonát egyenletesen kiterítjük, majd szobahőmérsékleten megvárjuk, míg megfelelően lehűl.

A következő lépés a spórával való beszórás, ennek a mennyisége változó, 1 kg gabonához 0,2 és 1 g spóra közötti mennyiségre lesz szükségünk. A spórát össze lehet keverni rizsliszttel a könnyebb elosztatás érdekében, ennek a mennyisége: 1 g spórához 70 g rizsliszt, természetesen ilyenkor arányosan többet kell szórni a gabonára. Alaposan, de óvatos mozdulatokkal átkeverjük a gabonát a spórával, a cél, hogy minden gabonaszemre jusson spóra. Az összetapadt gabonaszemeket ilyenkor szétmorzsoljuk. Az összekevert gabonát ezután hagyományosan egy cédrusfából készült dobozba teszik, majd inkubátorba tesszük, ami a megfelelő hőmérsékletet és páratartalmat biztosítja, ez általában 30-35°C és 70-75% páratartalom. 12 óránként átkeverjük és 48 óráig hagyjuk növekedni (Shih, Umansky, 2020).

A koji készítése a mai napig gyakran kézzel készül a hagyományos módon, de létezik teljesen automatizált koji készítő gép, ezeket főleg azok az üzemek használják, ahol igen nagy léptékben készül a koji (Zhu, Tramper, 2013).

2.6. Malátázás és koji

Nyugatra először a huszadik század végén tört be a kojival való fermentálás, két Japán szójaszószt gyártó cég képviseletében. A Kikkoman nevű cég, amely hazánkban is az egyik legismertebb szójaszószt márká gyártója, 1997 októberében Hollandiában nyitott egy üzemet azzal a szándékkal, hogy ellássák az európai piacot. 1992 júniusában pedig a Yamasa terjeszkedett át Amerikába, ahol az oregoni Salem-ben kezdték el gyártani termékeiket. A holland gyárban vegyesen használnak japán és holland gépeket és ami holland, azok főleg a maláta iparból származnak, hiszen a malátázás tulajdonképpen a koji nyugati megfelelője (Zhu, Tramper, 2013).

A keményítő alapú alkohol előállítás egyik legfontosabb lépése az alapanyag, mint például a búza, kukorica vagy rizsben található szénhidrát lebontása, vagyis hidrolizálása egyszerű cukrokká, amit utána az élesztő alkohollá tud fermentálni. Zhu és Tramper (2018) tanulmányukban a nyugati kultúrákban elterjedt malátázást hasonlítja össze a keleten használt gomba alapú lebontási technológiával.

A malátázás során a beáztatott árpában meleg, párás helyen tartva megindul a csírázás és aktiválódnak a benne található enzimek. Ezek az enzimek az α -amiláz, β -amiláz és α -glükózidáz. A koji készítése során a beáztatott, gőzölt, majd spórával beoltott gabonánál is hidroláz enzimek végzik bontó folyamatokat. A végeredmény tehát egy más úton, de ugyanolyan fermentálható, egyszerű cukorra bontott szénhidrát, melyet aztán az alkohol készítéshez használt élesztő, a Saccharomyces cerevisiae bontja tovább etanollá.

Dr. Jokichi Takamine, japán vegyész, aki először izolálta az epinefrint (Takamine, 1901), az 1800-as évek végén azzal a szándékkal utazott Amerikába, hogy a kojival és a benne lévő amiláz enzimekkel képes lesz forradalmasítani az ottani alkohol-ipart. Ötletét sikeresen alkalmazta whisky- és sörgyártásban, hiszen az *Aspergillus oryzae*-ban található amiláz enzim olcsóbban és gyorsabban bontotta le a keményítőt, mint a maláta. Később az első aktív amiláz enzim kivonata, ami Amerikában forgalomba került, is az ő nevéhez fűződik. (Zhu, Tramper, 2013)

Az *Aspergillus oryzae* széles körű felhasználási lehetőségeit mutatja, hogy élelmiszergyártáson kívül ezt a gombafajt használták az 1980-as években egy olyan lipáz enzim kifejlesztésére, ami mosószerként használható, mert képes kioldani a zsír- és olajfoltokat a koszos ruhán. Ezen kívül törekvések vannak olyan technológiára, ami a Saccharomyces cerevisiae-val együtt képes az élelmiszermaradékot bioetanollá konvertálni, illetve vizsgálják az *Aspergillus oryzae* olyan enzimeit, amelyek képesek lehetnek akár a műanyagot is lebontani. (Shih, Umansky, 2020)

Elmondható tehát, hogy a kojiban rejlő lehetőségek bőven túlmutatnak a hagyományos és élelmiszeripari felhasználáson.

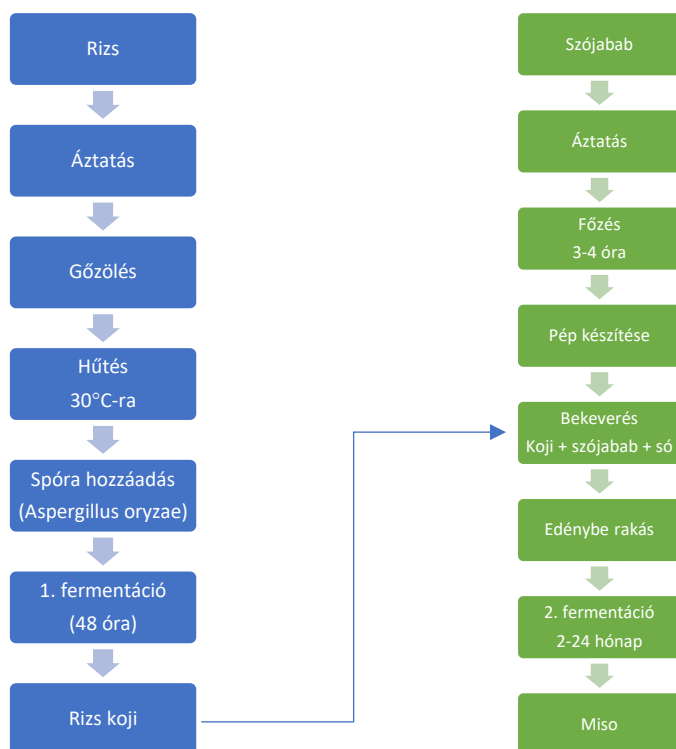
2.7. Miso

A miso tulajdonképpen egy fermentált ízesítőpaszta, ami leggyakrabban kojiból és szójababból készül, de készíthető más alapanyagból is. Technológiáját tekintve egy kétlépcsős fermentációról van szó. Az első lépcső magának a kojinak az elkészítése, ez készülhet rizsből, árpából vagy szójababból. Ezt utána összekeverik főtt, darált szójababbal (vagy egyéb alapanyaggal) és sóval, majd cserépedénybe teszik, ügyelve arra, hogy minél kevesebb levegőbuborék legyen a masszában. A második lépcső, hogy ezt a masszát szobahőmérsékleten 2-24 hónapig fermentálják (**3. ábra**). Ez alatt a kojiban lévő enzimek lebontják a szójababban lévő tápanyagokat, illetve ilyenkor bekapcsolódnak a folyamatba élesztőgombák és tejsavbaktériumok is.

A misonak többféle változata létezik, fehér, vörös és sötét. A fehér misohoz több kojit adnak, kevesebb sót és rövidebb ideig fermentálják. Ez karakterében egy édesebb ízt eredményez. A vörös miso egyenlő arányú kojit és szójababot tartalmaz, magasabb a sótartalma, ezért az íze és jóval sósabb és mélyebb. A sötét miso szójababból készült kojiból készül, magas a sótartalma és hosszú ideig fermentálják. (Allwood, Wakeling, Bean, 2021)

3. ábra: A miso készítésének folyamatábrája

(Forrás: Allwood, Wakeling, Bean, 2021 nyomán)



2.8. Amazake

Az amazake egy kojiból készült hagyományos édes Japán ital. Az összetevői rizs koji és víz, amihez gyakran adnak még főtt rizst is, amit aztán 45-60°C-on tartanak 8-16 óráig. Ez alatt a kojiban lévő amiláz enzimek lebontják a rizsben lévő szénhidrátot cukrokká, ami az ital édes ízét adja. A kész italban a rizsben található keményítő glükózzá alakul, de ezen felül egyéb di- és oligoszacharidokat is tartalmaz, mint például maltózt, kojibiózt, maltotriózt és izomaltózt. Enzimek tekintetében glükóamiláz, α -amiláz és β -glükozidáz hidrolizálják a keményítőt. Az amazake készítésének két típusa van, az egyik a fentebb leírt módszer, a másik pedig a sakekasu amazake, ami a szaké készítésekor fennmaradt seprőből készül, amihez általában plusz cukrot is adnak. Az amazake gyártás főbb lépései a következők: rizs fényezése, mosása, áztatása, gőzölése, majd bekeverése, a cukrosítás, majd a kész ital csomagolása (Oguro, Nakamura, Kurahashi, 2019).

2.9. Shio koji

A shio koji egy kojiból, vízből és sóból készülő fermentált ízfokozó készítmény. A shio jelentése só, vagyis sós koji. Az alapanyagok összekeverése után általában 3-7 napig fermentálják szobahőmérsékleten, ami alatt a shio koji íze komplexen sós, umamiban gazdaggá válik. Használható ízesítőként ételekbe, de hús pácolására is igen alkalmas, köszönhetően a benne található magas proteolitikus enzimeknek (Shih, Umansky, 2020).

Arielle Johnson (2024) a shio koji készítését, mint egy laktofermentált készítményt ír le a könyvében.

2.10. Garum

A koji felhasználásának egy modern módja a garum és egyéb aminoszók készítésébe való bevonása. A hagyományos garumot vagy halszószt már az ókori rómaiak és Ázsia több részén is készítették, koji nélkül. Ehhez kistestű halat, többnyire szardellát hordóba tesznek sóval, majd a napra kitéve 9-12 hónapig fermentálják, ezután a keletkezett erős illatú és ízű levet használják ízfokozóként. A halakat egészben szokták hagyni hozzá, mert a belsőségeken található enzimek indítják be a fermentációt. Koji hozzáadásával viszont ez a folyamat lerövidíthető akár egy hónapra is, ami jócskán megkönnyíti a készítését. A modern, kojival készülő garumok ezen kívül nem csak halból készülhetnek, hanem húsból vagy gombából, de akár bogarakból és virágporból is. Ehhez árpa vagy rizs kojit kevernek össze a nyers darált

hússal vagy gombával, sóval és vízzel, majd 60°C-on tartják 1-3 hónapig. Ez alatt a kojiban lévő fehérjebontó enzimek elkezdnek dolgozni, illetve a hosszan tartó magas hőmérsékletnek köszönhetően megindul a Maillard-reakció is. A végeredmény egy umamiban igen magas ízfokozó készítményt. A magas sótartalomnak (8-12%) és a konstans magas hőmérsékletnek köszönhetően a romlást okozó baktériumok szaporodásának esélye igen alacsony, ezzel egy viszonylag biztonságos fermentációról van szó (Redzepi, Zilber, 2018).

3. Anyagok és módszerek

3.1. Felhasznált anyagok

Hat féle kojit készítettem, ezek képezték a vizsgálatok alapját. A kojik elkészítésénél a jó minőségű alapanyagok felhasználására törekedtem, mert ez nagyban befolyásolja a kész termékek ízét, illatát és azt, hogy mennyire megbízhatóan készíthetők belőle a fermentumok.

3.1.1. Gabonák

Rizs: Valoryz márkájú magyar rizst használtam, „A” minőségű, tehát a hántolt rizsszem hossza legalább háromnegyede a teljes szem hosszának. Pontos típusa nincs megadva a gyártó honlapján, formára kerek szemű rizs.

Hajdina: bio hajdinát használtam, dm üzlet saját márkás terméke, származási helynek három ország van megadva: Lengyelország, Csehország és Litvánia.

Árpa: Tündéerkert márkájú, lengyel árpa.

3.1.2. Koji spóra

Kétféle koji spórát használtam, ezeket egy osztrák cégtől szereztem be (<https://www.fermentationculture.eu/>), maga a spóra viszont Japánból származik, mint ahogy a legtöbb, ami a kereskedelemben kapható.

Aspergillus oryzae: az egyik legelterjedtebb, kojihoz használt spóra, alkalmas miszó és amazake készítéséhez, könnyen kinő rizsen és árpán is. (4. ábra)

Aspergillus luchuensis: más néven fekete koji. Ez a spóra citromsavat termel növekedés közben, ezért az ebből készült koji egész más karakterű lesz. A spóra, amit használtam, egy albínó változat volt.

4. ábra: Aspergillus oryzae spóra (Forrás: saját munka)



3.2. A minták elkészítése

3.2.1. Koji

Mindegyik gabonából 350 grammot használtam, melyeket először háromszor átmostam hideg vízzel, majd 30 percre beáztattam. Ezt követően leszűrtem és 30 percig hagytam lecsöpögni. Kombi sütőben 100°C-on gőzöltem, míg a megfelelő „al dente” állagot el nem érte, ez a hajdinánál 10, a rizsnél 30, az árpánál 45 perc volt. A lehűlt gabonákat összekevertem a spórával, melyet előzőleg rizsliszttel kevertem össze (0,8 g spórához 70 g rizsliszt). 350 g-hoz 5 g bekevert spórát adtam. Nedves textiltálcára közé tettem a bekevert gabonákat, melyeket egy kupacba rendeztem és műanyag fóliával befedtem, amire apró lyukakat szúrtam.

Hold-o-mat márkájú melegentartó berendezésbe tettem 35°C-ra, majd 12 óra után átkevertem a gabonákat és visszarendeztem egy kupacba. Újabb 12 óra után ismét átkeverés következett, de ez után 2-3 cm vastagon szétterítettem az inokulált gabonákat. Az *Aspergillus oryzae*-val beszórt gabonákat szobahőmérsékletre tettem, az *Aspergillus luchuensis*-el beoltottakat viszont 30°C-ra visszatettem a melegentartóba, mert tapasztalat alapján ez a spóra magasabb hőmérsékletet igényel ahhoz, hogy megfelelően ki tudjon nőni. A 36. és 48. órában is átkevertem őket és onnantól kezdve használhatóvá is váltak a kojik (**1. táblázat**).

1. Táblázat: Az általam elkészített hat koji szubsztrátumai és használt spóráik (*Forrás: saját munka*)

Spóra	Aspergillus oryzae		
	Aspergillus luchuensis		
Szubsztrátum	Árpa	Rizs	Hajdina

3.2.2. Amazake

Az amazake egy édeskés rizs ital, mely úgy készül, hogy a kojihoz főtt rizst és vizet adnak, majd 55-60°C-on tartják 8-12 órán keresztül, ami alatt a kojiban lévő amiláz enzim lebontja a rizsben lévő keményítőt cukorra. Amazakéból készül a szaké is, ez tehát tulajdonképpen egy szaké must. Hagyományosan az amazakéhoz olyan főtt gabonát adnak, mint amiből a koji is készült, viszont ennél a vizsgálatnál a koji gomba tulajdonságaira helyeztem a fókuszot, ezért mindhárom féle gabonából készült kojihoz főtt rizst adtam, hogy csökkentssem a különbségeket.

A rizst (Valoryz fehér rizs) ehhez 1 órára beáztattam, majd 30 perc csöpögtetést követően 100°C-os kombi sütőben 30 percig pároltam. Langyosra hűlve összekevertem 200 g kojit 200 g főtt rizzsel és 400 g vízzel, majd sterilizált befőttesüvegekbe tettem, majd 60°C-ra tettem 12 órára (**5. ábra**).

5. ábra: az elkészült amazakék (*Forrás: saját munka*)



3.2.4. Shio koji

A koji mintákból shio kojit készítettem, ez egy kiváló ízfokozó hatású paszta, amit remekül lehet használni húsok pácolásához is, hiszen fehérjebontó enzimeket tartalmaz. Ehhez 1:1 arányú kojit és vizet kevertem össze 5% sóval, ami ebben az esetben 150 g kojiból, 150 g vízből és 15 g tengeri sóból állt. Ezt a keveréket sterilizált üvegekbe töltöttem, majd hét napig szobahőmérsékleten fermentáltam, naponta átkeverve.

3.3. Felhasznált eszközök

- Konica Minolta CR-310 színmérő készülék
- Testo 206 pH mérőműszer
- Adwa AD 11 pH mérőműszer
- kézi refraktométer

3.4. Koji minták színmérése

6. ábra: Konica Minolta CR-310 színmérő készülék (*Forrás: saját munka*)



Az elkészült koji mintákon színmérést végeztem, ehhez egy Konica Minolta márkájú színmérőt (**6. ábra**) használtam, amivel az L^* világosságot, az a^* piros-zöld színtengelyt és a b^* sárga-kék színtengelyt mértem.

A készüléket először kalibrálni szükséges, ehhez a tartozék kerámia etalont használtam. Ezután következett a mérés, amihez a koji mintákat petri csészébe rendeztem, majd fehér háttér előtt elvégeztem a színmérést. Minden mintára 5 párhuzamost végeztem. A kapott L^* ; a^* ; b^* eredményeket átlagoltam, majd szórást számoltam, illetve kiszámoltam a színkülönbségeket a minták között (ΔE^*).

A minták műszeres méréséből kapott adatokat erre meghatározott egyenletek segítségével számolom ki, majd az ebből kapott értékek által van lehetőség összehasonlítani a koji minták színét (**2. táblázat**).

A színpontok közötti különbségek meghatározásához szükséges képlet:

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

Ahol:

ΔE^* = színkülönbség

$\Delta L^* = L^*_{minta1} - L^*_{minta2}$

$\Delta a^* = a^*_{minta1} - a^*_{minta2}$

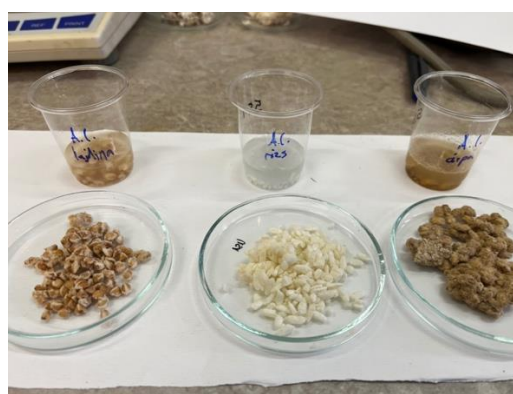
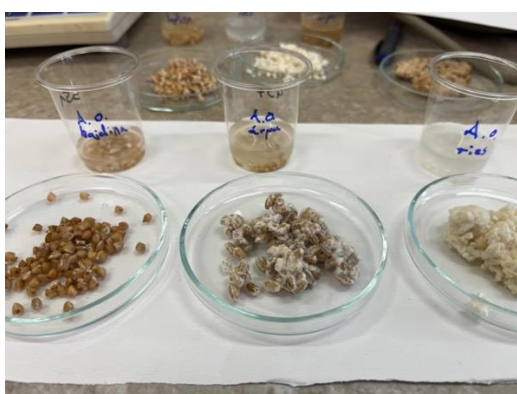
$\Delta b^* = b^*_{minta1} - b^*_{minta2}$

2. táblázat: Összefoglaló a számolt színpontok közötti különbségek összehasonlításához
(Forrás: saját munka)

ΔE^*	Különbség
$\Delta E^* \leq 0,5$	észrevehetetlen
$0,5 < \Delta E^* \leq 1,5$	alig észrevehető
$1,5 < \Delta E^* \leq 3,0$	észrevehető
$3,0 < \Delta E^* \leq 6,0$	jól látható
$6,0 < \Delta E^*$	nagy különbség

3.5. pH mérés

7. ábra: előkészített koji minták szín -és pH mérésre (Forrás: saját munka)



A koji minták pH méréséhez oldatot készítettem, ehhez 1 g kojit és 10 ml desztillált vizet kevertem össze, ezt egy üveg keverőpálca segítségével összetörtem, majd 5 percig állni hagytam. (7. ábra) A méréshez a Testo márkájú pH mérőt használtam.

Az amazake és a shio koji tartalmaz vizet, ezért nem volt szükség oldat készítésére, közvetlenül mérhetőek voltak. Minden mérésre 3 párhuzamost végeztem. Ezeknél az Adwa márkájú pH mérőt használtam.

3.6. Cukorfok mérés

Az amazake egyik sikerének a titka, hogy a koji, amiből készítjük, amiláz enzimben gazdag, hiszen ezt a tulajdonságát használjuk ki, hogy édes legyen a készítményünk. Tehát a cukorfok egy igen fontos paraméter. Méréskor 3 párhuzamost végeztem és egy kézi refraktométert használtam.

Ez az eszköz az eredményt Brix-fokban adja meg (jelölése °Bx), ami azt mutatja meg, hogy 100 g oldatban hány gramm cukor található.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Munka során használt rövidítések

A.o. Árpa: *Aspergillus oryzae* árpa koji

A.o. Rizs: *Aspergillus oryzae* rizs koji

A.o. Hajdina: *Aspergillus oryzae* hajdina koji

A.l. Árpa: *Aspergillus luchuensis* árpa koji

A.l. Rizs: *Aspergillus luchuensis* rizs koji

A.l. Hajdina: *Aspergillus luchuensis* hajdina koji

4.2. Koji kinevelése gabonákon

A gomba megfelelő kinevelése a szubsztráton döntően befolyásolja aztán a belőle készült termék minőségét, főleg az olyan hosszan készülő fermentumok esetében, mint a miso vagy a szójaszósz. A koji minősége nem csak ízében és illatában befolyásolja a végtermékünket, hanem a sikeres elkészítés egyik kulcsa, hiszen egy nem megfelelően kinőtt kojiból készült fermentum jóval könnyebben romlik meg, mint egy olyan, ami egészséges koji felhasználásával készült.

4.2.1. *Aspergillus luchuensis*

Az első 12 órás szakasz végén még nincs észrevehető különbség. 24 óra elteltével már láthatóan megkezdődött a gomba növekedése, színe itt-ott fehéres, illata pedig enyhén gyümölcsös. A harmadik szakaszban már láthatóan elindult a micélium növekedés, a gabonaszemek ilyenkor már teljesen fehérek, és szembetűnő a különbség a gabonák között, hogy melyiken mennyire fejlődik ki.

A hajdinán láthatóan kevésbé nőtt ki, ez részben arra vezethető vissza, hogy a hajdina külső rétege túl vastag, a gombának nehéz bejutnia a szemek közepére, ezért is fontos a gabonák megfelelő hántoltsága. 48 óra után láthatóan teljesen benőtte a micélium a gabonákat, ilyenkor egy egybefüggő, kojival átszótt gabona lapot kapunk. Illata ilyenkor kellemes gyümölcsös, enyhén savanykás. A rizsnél és az árpánál a koji könnyedén behatolt a szemek belsejébe, a hajdinánál viszont inkább csak a felületén tudott megtapadni, ezért a benne lévő tápanyagok nagy részét nem is tudta megfelelően lebontani (3. táblázat).

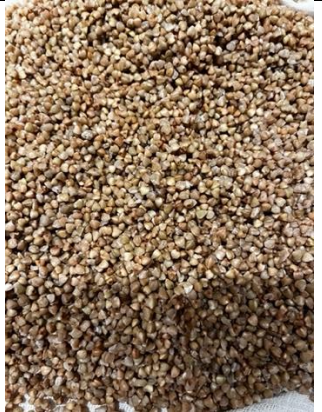
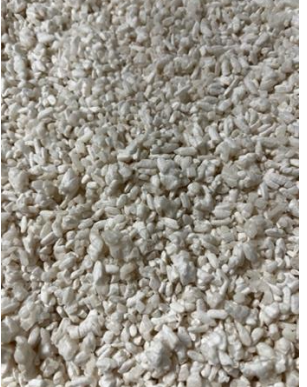
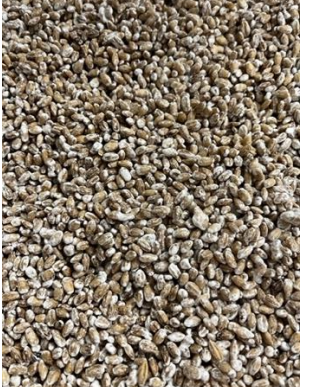
3. táblázat: *Aspergillus luchuensis* spórával beoltott gabonák fejlődési szakaszai 12 óránként.
(Forrás: saját munka)

	Hajdina	Rizs	Árpa
12 óra			
24 óra			
36 óra			
48 óra			

4.2.2. *Aspergillus oryzae*

Az *Aspergillus luchuensis*-hez hasonlóan az első szakasz után itt sem tapasztalható változás, viszont a második szakasz leteltével itt már egyértelműen megindul a növekedés, a szemek ilyenkor már láthatóan elkezdenek kifehéredni. A hajdinánál itt is tapasztalható, hogy nehezebben indul meg a fejlődés. A harmadik szakasz végén a micélium már átszötte annyira a szemeket, hogy kialakuljon az egybefüggő tábla. A két nap leteltével látható, hogy a rizsbe és az árpába könnyedén behatolt, a hajdinánál viszont itt is sokkal inkább felületi a növekedés. Illata kellemes édeskés, gyümölcsös.

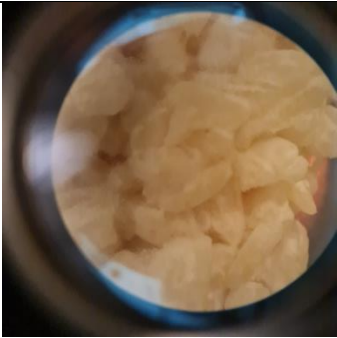
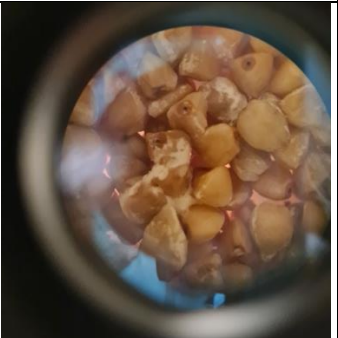
4. táblázat: *Aspergillus oryzae* spórával beoltott gabonák fejlődési szakaszai 12 óránként.
(Forrás: saját munka)

	Hajdina	Rizs	Árpa
12 óra			
24 óra			
36 óra			
48 óra			

4.3. Mikroszkópos képek

A mintákról mikroszkópos képeket készítettem, ezen jól láthatóak a kojik közötti különbségek. A két rizsből készült koji minta között a legkisebb a különbség, ezek szinte ugyanolyanok. A hajdina mintáknál egyrészt jól látszik, hogy a nem nőtt ki megfelelően a gomba, több hajdina szemet nem nőtt be a koji. A luchuensis spóra hamarabb eléri a spórázó szakaszát, ez jól látszik a hajdina és árpa mintáknál. Az árpából készült koji mintáknál is jól látható a különbség (5. táblázat).

5. táblázat: Koji minták mikroszkóp alatt (*Forrás: saját munka*)

	Rizs	Hajdina	Árpa
Aspergillus oryzae			
Aspergillus luchuensis			

4.4. Koji minták eredményei

4.4.1. pH mérés

Az elkészült koji mintákból vizes oldatot készítettem, pH-jukat így mértem meg. Minden mérésre három párhuzamost végeztem, átlaguk az alább lévő **6. táblázatban** látható. Jól megfigyelhető a két típusú spóra közötti különbség, a *luchuenis*-el készült koji savasabb, ez annak köszönhető, hogy ez a gomba növekedés közben citromsavat termel. Az *oryzae* kojik pH-ja 6 és 7 között van, tehát közel semleges. A kettő spóra eredményeinek egytényezős varianciaanalízissel való kiértékelése által a szórásuk a Levene-próba $p = 0,05$ szignifikancia szinten szignifikánsan különböznek ($p = 0,00011286$) és $p = 0,01$ szignifikancia szinten is. A varianciatáblázat alapján, ami a két csoport átlagát vizsgálja, a minták $p = 0,05$ szignifikancia szinten szignifikánsan különböznek ($F = 10,98$, $p = 0,00439$) és $p = 0,01$ szignifikancia szinten is.

6. táblázat: koji minták pH mérésének eredményei. (Forrás: saját munka)

	Aspergillus oryzae			Aspergillus luchuensis		
	Árpa	Rizs	Hajdina	Árpa	Rizs	Hajdina
átlag pH	6,00	6,68	6,25	4,29	4,01	4,30
szórás	0,08	0,35	0,26	0,07	0,12	0,21

4.4.2. Színmérés

A színmérés során az ugyanolyan gabonából készült koji minták közötti különbségeket mértem. Mindegyik mintára 5 párhuzamost mértem, majd a kapott L^* , a^* , b^* eredményekből átlagot számoltam. A vizsgálat során ΔL^* , Δa^* és Δb^* értékeket is kiszámoltam, majd összehasonlítottam őket.

A méréshez a mintákat petri csészébe tettem úgy, hogy minél kevesebb rés legyen a szemek között, majd fehér háttér előtt elvégeztem a mérést.

A **7. táblázat** tartalmazza a számolt eredményeket és a különbségek mértékét. Az eredmények előtt arra számítottam, hogy nem lesz nagy különbség a minták között, hiszen szemmel láthatóan nincs köztük. Ezzel szemben viszont mindhárom gabonánál észrevehető, vagy nagy a különbség.

7. táblázat: koji minták színeinek összehasonlítása (Forrás: saját munka)

	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	Különbség
A.o. Árpa - A.l. Árpa	0,63	-1,54	4,31	4,62	észrevehető
A.o. Rizs - A.l. Rizs	18,48	0,63	-3,53	18,83	nagy különbség
A.o. Hajdina - A.l. Hajdina	11,66	-1,12	-4,17	12,43	nagy különbség

4.4. Amazake eredményei

Amazake készítésekor arra törekedtem, hogy a minták között csak a koji legyen a különbség, ezért mindegyikhez főtt rizst adtam. 12 órán keresztül készült 60°C-on, majd megvártam, míg szobahőmérsékletűre hűl, a méréseket csak ezután végeztem.

4.4.1. pH mérés

A méréskor három párhuzamost végeztem mindegyik mintára, az eredmények átlagai a **8. táblázatban** láthatóak. Itt is egyértelműen elkülöníthető a két különböző spórából készült amazake, az *Aspergillus luchuensis* citromsav termelő tulajdonsága egyértelműen látható. Ezeknél nincs is túl nagy különbség, mindhárom minta pH-ja 4 és 5 között van. Az A.o. minták közel semlegesek, 6 és 7 között vannak.

Amit érdekes megfigyelni, hogy összevetve a koji minták pH eredményeivel, amazake készítésekor mindegyik minta pH-ja emelkedett egy kicsit.

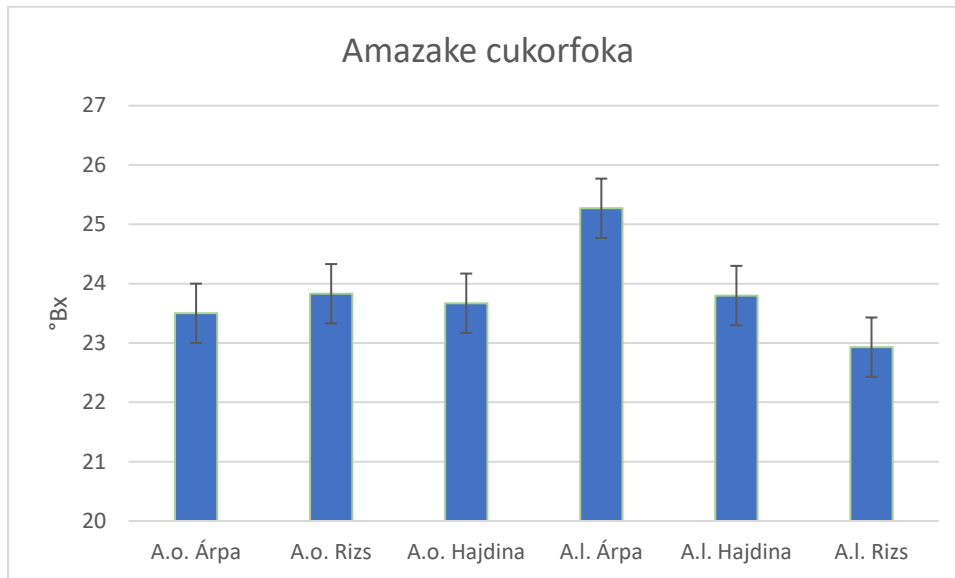
A statisztikai elemzés eredményei alapján már kevésbé egyértelmű a két csoport közötti eredmény. A Levene-próba alapján, $p = 0,05$ szignifikancia szinten szignifikánsan nem különböznek ($p = 0,1362$), átlaguk alapján $p = 0,05$ szignifikancia szinten viszont erősen szignifikánsan különböznek ($F = 498,7$, $p = 1,737 \cdot 10^{-13}$).

8. táblázat: Amazake pH mérés eredményei (Forrás: saját munka)

	<i>Aspergillus oryzae</i>			<i>Aspergillus luchuensis</i>		
	Árpa	Rizs	Hajdina	Árpa	Rizs	Hajdina
átlag pH	6,47	7	6,70	4,53	4,73	4,4
szórás	0,12	0	0,1	0,06	0,06	0,1

4.5.2. Cukorfok mérés

8. ábra: cukorfok mérés eredményei oszlopdiagramban, Brix-fokban (*Forrás: saját munka*)



Az amazake minták cukorfoka sokat elárul arról, hogy a kojiban lévő enzimek mennyire erősek és hatékonyak, hiszen itt az történik, hogy a kojiban lévő amiláz és proteáz enzimek lebontják az amazakéhoz hozzáadott főtt rizsben lévő keményítőt és fehérjét. A hőmérséklet azért is fontos, mert az amiláz enzim teljesítménye 55 és 60°C között a leghatékonyabb. Ezen a hőfokon a koji gomba elpusztul, tehát ez a készítmény teljes egészében egy enzimatikus folyamat.

Az eredmények számomra meglepőek lettek, mert arra számítottam, hogy jelentős eltérés lesz egyrészt a két különböző spórákból készült amazakék között, és azon belül a különböző gabonák is más-más cukorfokot fognak produkálni. Ezzel ellentétben viszont mind a hat amazake cukorfoka hasonlóan alakult, 23 és 25 százalék között vannak. A legmagasabb értéket az A.l. árpából készült amazake adta, ez közel 25,5 százalék, mint az ahogy a **8. ábrán** is látható.

Ezek az eredmények a állításom szerint az jelzik, hogy mindkét használt koji spóra annyira potens és erős, hogy amikor nem tud teljesen megfelelően kinőni a szubsztrátumon (hajdina), akkor is annyira erős enzimeket termel, hogy képes kifejteni a maximális szénhidrát bontó képességét.

A minták statisztikai elemzése szerint a két spóra típus szórása alapján $p = 0,05$ szignifikancia szinten szignifikánsan különböznek ($p = 0,008134$), és átlaguk alapján is $p = 0,05$ szignifikancia szinten szignifikánsan különböznek ($F = 20,28$, $p = 0,01785$).

9. táblázat: cukorfok mérés eredmények átlagai és szórása Brix-fokban (*Forrás: saját munka*)

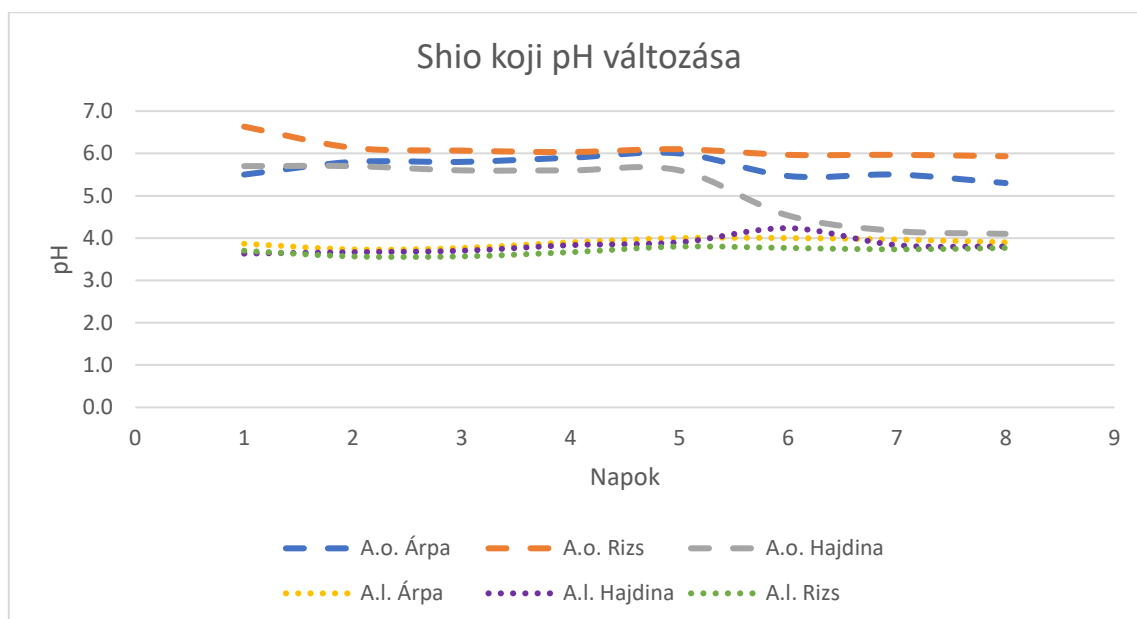
	Aspergillus oryzae			Aspergillus luchuensis		
	Árpa	Rizs	Hajdina	Árpa	Rizs	Hajdina
°Bx	23,5	23,83	23,67	25,27	22,93	23,8
szórás	0,5	0,29	0,29	0,25	0,12	0,2

4.5. Shio koji eredményei

Mind a hat koji mintából shio kojit készítettem, amihez 1 rész kojit, 1 rész vizet és 5 százalék sót kevertem össze, majd szobahőmérsékleten hét napig fermentáltam. Naponta átkevertem és lemértem a pH-jukat.

Az alábbi diagramon (**9. ábra**) látható a pH változása a fermentálás során, amin tisztán látható a különbség az *Aspergillus oryzae* és *luchuensis* minták között. A *luchuensis*-el készült shio koji pH-ja már a bekeverés pillanatában 3 és 4 között van, ez az általa termelt citromsav miatt van. Itt a pH lényegében végig állandó.

9. ábra: Shio koji pH változása a fermentáció alatt (*Forrás: saját munka*)



Az A.o.-val készült shio koji minták viszont érdekes tendenciát mutatnak, mert a pH itt sem csökken olyan mennyiségben, amire számítottam, hiszen több szakirodalom laktofermentált készítménynek írja le a shio kojit, ezért arra számítottam, hogy a pH hamar beáll olyan értékre, ami a tejsavbaktériumok elszaporodását jelzi, hiszen az minden esetben a pH csökkenésével jár. Ez viszont nem történt meg, kivéve a hajdina kojínál, aminél nem megfelelően fejlődött ki a koji, a gomba nem tudott a szemek közepére behatolni.

Állításom szerint tehát a shio koji sokkal kevésbé egy laktofermentált készítmény, mint inkább egy enzimatis fermentáció. Természetesen ezt az állítást teljes mértékben egy, a tejsavbaktérium mennyiségére fókuszáló vizsgálat mondaná ki teljes kétséget kizáróan.

A hat minta statisztikai elemzésének eredménye szerint a szórás alapján $p = 0,05$ szignifikancia szinten erősen szignifikánsan különböznek ($p = 8,574 \cdot 10^{-11}$) és az átlagok alapján is, ahol $F = 77,66$ és $p = 4,098 \cdot 10^{-20}$.

5. Összefoglalás

Szakedolgozatom témája a hagyományos japán penészgombával, a kojiival beoltott gabonák és az ebből készült fermentált készítmények vizsgálata. Célom a koji gomba helyes kinevelésének bemutatása volt és az ebből készült fermentumok összevetése.

Három különböző gabonán, árpán, rizsen és hajdinán neveltem ki két különböző spórát, *Aspergillus oryzae*-t és *Aspergillus luchuensis*-t. A gombák kinevelése 48 óráig tartott, ez alatt 12 óránként dokumentáltam a szakaszokat és összevettem a különböző szubsztrátumokat. Ebből kiderült, hogy a három gabona közül a hajdinán nő ki a legnehezebben, köszönhetően a hajdina vastag héjszerkezetének. A két spóra közül az *Aspergillus luchuensis*-el beoltott minták lassabban fejlődtek, de a vizsgálat végére szépen kifejlődtek. Az elkészült mintákról mikroszkópos képeket is készítettem, ezzel is jobban szemléltetve a minták közötti különbségeket.

A koji mintákon pH mérést végeztem, amelyből egyértelműen látszódik az *Aspergillus luchuensis* citromsav termelő tulajdonsága, az ebből készült kojik pH-i 4-4,5 között vannak, míg az *Aspergillus oryzae* kojik 6 és 7 között mozognak.

A színmérésüket színmérő készülékkel végeztem, majd a kapott adatokból átlagot számoltam és a képlet segítségével kiszámoltam a különböző spórával, de azonos gabonával készült kojik közötti színekülönbséget. Az eredmény a szemmel látható minimális különbségek helyett mindhárom csoportnál észrevehető vagy nagy különbséget eredményezett.

A hat féle kojiból amazakét készítettem, ami egy, a koji amiláz enzim termelő tulajdonságát kihasználó édes ital, majd a mintáknak megmértem a pH-ját és a cukorfokát. Itt arra voltam kíváncsi, hogy a különböző szubsztrátumú és spórájú kojik között mekkora különbségek lesznek, hiszen a cukorfokból lehet következtetni a koji enzim termelő képességére. A pH vizsgálat eredményeinél mindegyik minta pH-ja emelkedett a cukrosítás folyamata alatt és a két spóra közötti különbség itt is tetten érhető. A cukorfok eredményeinél viszont pár százalékos eltérés van csak a minták között, ami arra enged következtetni, hogy a koji enzim termelő képessége még akkor is igen magas, amikor nem teljesen megfelelően tud kinőni a szubsztrátumon.

Végül a hat féle kojiból shio kojit készítettem, ami egy fermentált ízfokozó készítmény. Ennek magas az umami és a fehérjebontó enzim tartalma, ezért igen alkalmas akár húsok pácolására is. Ezt hét napig fermentáltam szobahőmérsékleten és mértem a pH változását. Célom itt az volt, hogy a pH változásából megfigyeljem a készítmény fermentációját, aminek az eredményeiből az rajzolódott ki, hogy az *Aspergillus luchuensis* kojikból készült minták

végig konstans savas közegben maradnak, ami a citromsav jelenlétét mutatja. Az *Aspergillus oryzae* minták viszont a várakozással ellentétben nem csökkentek számottevően, kivéve a hajdinánál készült mintánál, ahol nem tudott megfelelően kifejlődni a koji és a készítmény meg is romlott a vizsgálat végére. Ebből arra következtetek, hogy néhány szakirodalommal szemben a shio koji készítése nem, vagy igen kis mértékben laktofermentáció és sokkal inkább egy enzimátikus fermentáció.

Véleményem szerint sok, jóval alaposabb kísérleteket is érdemes lenne végezni a kojival, hiszen rengeteg kiaknázatlan potenciál rejlik benne és nem minden esetben tiszta ezeknek a készítményeknek a technológiája és hatásmechanizmusa, ezen kívül a hazai szakirodalomban szinte teljesen ismeretlen a koji.

A kutatásom eredménye alapján szeretném, ha a koji és az abból készült termékek nagyobb figyelmet kapna hazánkban.

6. Irodalomjegyzék

Joanne G. Allwood, Lara T. Wakeling, David C. Bean, Fermentation and the microbial community of Japanese koji and miso: A review

<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1750-3841.15773>

R Paul Ross, S Morgan, C Hill, 2002, Preservation and fermentation: past, present and future
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160502001745>

Rich Shih, Jeremy Umansky, 2020, Koji Alchemy, London: Chelsea Green

Hideyuki Yamashita, 2021, Koji Starter and Koji World in Japan

<https://www.mdpi.com/2309-608X/7/7/569>

Masayuki Machida, Osamu Yamada, and Katsuya Gomi, 2008, Genomics of *Aspergillus oryzae*: Learning from the History of Koji Mold and Exploration of Its Future

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2575883/>

Ghose M. Daba, Faten A. Mostafa, Waill A. Elkhateeb, 2021 The ancient koji mold (*Aspergillus oryzae*) as a modern biotechnological tool

<https://bioresources.bioprocessing.springeropen.com/articles/10.1186/s40643-021-00408-z>

Yamaguchi Shizuko, Ninomiya Kumiko, 2000, Umami and Food Palatability

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316622140101>

Arielle Johnson, 2024, Flavorama, New York: Harvest

Rene Redzepi, David Zilber, 2018, The Noma Guide to Fermentation, New York: Artisan

Yang Zhu, Johannes Tramper, 2013, Koji – where East meets West in fermentation

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975013001158>

Jokichi Takamine, 1901 ADRENALIN THE ACTIVE PRINCIPLE OF THE SUPRARENAL GLANDS AND ITS MODE OF PREPARATION.

<https://www.proquest.com/openview/51821a4c324fb0c1a137e5155f1d82a3/1?pq-origsite=gscholar&cbl=41445>

Joanne G. Allwood, Lara T. Wakeling, David C. Bean, Fermentation and the microbial community of Japanese koji and miso: A review

<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1750-3841.15773>

Yoshifumi Oguro, Ayana Nakamura, Atsushi Kurahashi, 2019, Effect of temperature on saccharification and oligosaccharide production efficiency in koji amazake

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138917231830608X>

Ábrák és táblázatok jegyzéke

Ábrák:

- 1. ábra:** Penészgombák általános életciklusa (Forrás: Shih és Umansky, 2020 nyomán)
- 2. ábra:** *Aspergillus oryzae*: a – elektronmikroszkópos felvétele; b – burgonya dextróz és agar-agar táptalajon kinevelve (Forrás: Ghoson, Faten, Waill, 2021)
- 3. ábra:** A miso készítésének folyamatábrája (Forrás: Allwood, Wakeling, Bean, 2021 nyomán)
- 4. ábra:** *Aspergillus oryzae* spóra (Forrás: saját munka)
- 5. ábra:** az elkészült amazakék (Forrás: saját munka)
- 6. ábra:** Konica Minolta CR-310 színmérő készülék (Forrás: saját munka)
- 7. ábra:** előkészített koji minták szín -és pH mérésre (Forrás: saját munka)
- 8. ábra:** cukorfok mérés eredményei oszlopdiagramban, Brix-fokban (Forrás: saját munka)
- 9. ábra:** Shio koji pH változása a fermentáció alatt (Forrás: saját munka)

Táblázatok:

- 1. Táblázat:** Az általam elkészített hat Koji szubsztrátumai és használt spóráik (Forrás: saját munka)
- 2. táblázat:** Összefoglaló a számolt színpontok közötti különbségek összehasonlításához (Forrás: saját munka)
- 3. táblázat:** *Aspergillus luchuensis* spórával beoltott gabonák fejlődési szakaszai 12 óránként. (Forrás: saját munka)
- 4. táblázat:** *Aspergillus oryzae* spórával beoltott gabonák fejlődési szakaszai 12 óránként. (Forrás: saját munka)
- 5. táblázat:** Koji minták mikroszkóp alatt (Forrás: saját munka)
- 6. táblázat:** koji minták pH mérésének eredményei. (Forrás: saját munka)
- 7. táblázat:** koji minták színeinek összehasonlítása (Forrás: saját munka)
- 8. táblázat:** Amazake pH mérés eredményei (Forrás: saját munka)
- 9. táblázat:** cukorfok mérés eredmények átlagai és szórása Brix-fokban (Forrás: saját munka)