Tampereen ammattikorkeakoulu

Fermentaatio säilöntä

Iiro Mäkelä

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2024

Palveluliiketoiminta
Restonomi

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Palveluliiketoiminta
Restonomi

Mäkelä, Iiro:
Fermentaatio säilöntä

Opinnäytetyö 29 sivua
Huhtikuu 2024

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin fermentaation käyttöä säilöntämenetelmänä. Työssä käsiteltiin fermentaation perusteet, keskeiset bakteerit ja tekijät, jotka vaikuttavat fermentaation onnistumiseen tai epäonnistumiseen. Työssä käytiin läpi fermentaation prosessi bakteeritasolla ja syväluodattiin fermentaation kannalta olennaisia bakteereita. Työssä käsiteltiin myös millaiset olosuhteet ovat otolliset erilaisille fermentaatioille ja niistä vastuussa oleville bakteereilla.

Lisäksi työssä perehdyttiin fermentaatioon liittyvään ruokaturvallisuuteen ja siihen, miten fermentoimalla luodaan turvallinen ja maistuva ruokatuote. Ruokaturvallisuuden lisäksi fermentoinnissa käytettävien astioiden materiaali voi vaikuttaa lopputulokseen ja niiden erot on käyty työssä perinpohjaisesti läpi. Työssä käytiin läpi, miten fermentaatiolle ominainen hapan maku syntyy ja miten se kehittyy fermentoinnin yhteydessä.

Opinnäytetyössä käytettiin monipuolisesti lähteitä fermentaatioon liittyvistä tutkimuksista ja kirjoista. Kerätyn materiaalin perusteella tehtiin yhteenvetoja ja johtopäätöksiä, huomioita ja ohjeistuksia, joista voi olla hyötyä fermentaatiosta kiinnostuneille tai harrastajille. Opinnäytetyö on yhteenvetona koottu teos fermentaatioon liittyvistä olennaisista seikoista ja mekanismeista.

Asiasanat: fermentaatio, säilöntä, hapanmaku, maun kehittyminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Hospitality Management

MÄKELÄ, IIRO:
Fermentation Preservation

Bachelor's thesis 29 pages
April 2024

The aim of this thesis was to delve into the world of fermentation and its applications in the preservation of food. The thesis explored the fundamentals of fermentation, including the process and key microorganisms responsible for successful fermentation.

One of the key features of fermentation is the development of sour taste, and this thesis discusses the mechanisms behind its formation and its significance for quality and taste. Fermentation-related food safety is discussed, emphasizing the importance of a safe fermentation process and methods to ensure food safety during fermentation.

The characteristics of various vessels used in fermentation, such as glass, ceramics, and plastic affect the fermentation process and the outcome. Understanding them helps in choosing the most suitable equipment for each fermentation.

This study approach involved reading research papers and books about Fermentation and gathering information from various sources to understand the topic thoroughly. The collected data were analyzed from these sources to draw conclusions and insights presented in this thesis.

In summary, this thesis provided a comprehensive overview of fermentation in the preservation of food. The aim was to increase understanding of the principles of fermentation, food safety, and practical applications, while also offering practical advice and recommendations.

Key words: fermentation, preservation, pickling, development of taste

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 5
2 Fermentaatio 6
2.1 Mitä on fermentaatio 6
2.2 Miten fermentaatio tapahtuu 7
2.3 Huomioitavia tekijöitä fermentaatiossa 9
3 Fermentaatiosta vastuussa olevat mikro-organismit 11
3.1 Hyödylliset bakteerit 11
3.2 Fermentoinnissa käytettävät homeet ja hiivat 14
3.3 Patogeeniset mikro-organismit 15
4 Fermentaatiosäilöntään liittyvä ruokaturvallisuus ja fermentointi astiat 18
4.1 Ruokaturvallisuus 18
4.2 Fermentaatiosäilönnässä käytettävät astiat 20
5 Maun kehittyminen 23
6 POHDINTA 25
LÄHTEET 28

1 JOHDANTO

Fermentaatio on ollut olennainen osa ihmisen ruoanvalmistusta vuosituhansien ajan. Se on prosessi, jossa mikro-organismit, kuten bakteerit, hiivat ja homeet hajottavat orgaanisia yhdisteitä. Tämä johtaa monenlaisiin kemiallisiin muutoksiin, jotka vaikuttavat ruoan makuun, koostumukseen ja säilyvyyteen. Fermentaatio on prosessina suhteellisen epävakaa ja monet erinäiset yksityiskohdat tulee huomioida, jotta lopputuloksena on onnistunut ja turvallinen ruokatuote.

Opinnäytetyössä käsitellään fermentaation perusteita ja keskeisiä mikro-organismeja, jotka ovat vastuussa onnistuneesta fermentaatiosta ja mikro-organismeja, jotka johtavat virhekäymiseen. Tarkastelun kohteena ovat myös erilaiset fermentaatioprosessit ja niiden vaatimat olosuhteet. Yksi fermentaation keskeisistä piirteistä on happaman maun kehittyminen ja tässä työssä käydään läpi happaman maun syntymekanismeja ja sen merkitystä ruoan laadun ja säilyvyyden kannalta. Lisäksi työssä tarkastellaan fermentaatioon liittyvää ruokaturvallisuutta, korostaen turvallisen fermentaatio prosessin tärkeyttä ja keinoja varmistaa ruoan turvallisuus fermentaation aikana.

Opinnäytetyössä käsitellään myös fermentaatioon käytettäviä astioita ja välineitä. Erilaisten astioiden ja välineiden, kuten lasin, keramiikan ja muovin, ominaisuudet vaikuttavat fermentaatio prosessiin ja lopputulokseen, ja niiden ymmärtäminen auttaa valitsemaan sopivimman välineistön kullekin fermentaatiolle.

2 Fermentaatio

Fermentaatiolla tarkoitetaan ruuan transformaatiota mikro-organismien, kuten bakteerien, hiivojen tai homeiden toimesta. Fermentaatio tapahtuu mikro-organismien tuottamien entsyymien toimesta. Fermentaatio on prosessi, jossa mikro-organismit muuntavat sokeria joksikin toiseksi aineeksi ilman hapen läsnäoloa. (Redzepi & Zilbert 2018, 26.)

Sana fermentaatio tulee latinankielisestä sanasta fervere, joka tarkoittaa kiehumista. Sanaa käytettiin antiikin roomalaisten toimesta kuvaamaan rypäleiden spontaania kuplimista vadeissa niiden muuntuessa viiniksi. Antiikin roomalaiset käyttivät lähintä analogia, joka heillä oli käytettävissään, vaikka noilla kuplivilla rypälevadeilla ei ollut mitään tekemistä kiehumisen eikä lämmön kanssa. Kuplat tulivat sen seurauksena, että hiivojen tuottamien entsyymien toimesta rypäleiden sokerit muuntuivat alkoholiksi. (Redzepi & Zilbert 2018, 26.)

2.1 Mitä on fermentaatio

Fermentaatiossa on tarkoitus houkutella vain hyvänlaatuisia bakteereita ja sieniä, koska päämääränä on luoda turvallinen ruokatuote, joka säilyy pidempään ja maistuu paremmalle. Fermentaatiossa haluttujen mikrobien viihtymistä ja menestymistä voidaan mahdollistaa muokkaamalla fermentoitavan tuotteen ympäristöä ja olosuhteita. Vaikuttavia olosuhteita ovat esimerkiksi: aineksen suopitoisuus, happipitoisuus, happopitoisuus ja lämpötila. Monet ihmiselle haitalliset bakteerit kestävät huonosti hapanta ympäristöä ja haitalliset homeet ja hiivat vaativat happea elämiseen ja itämiseen. (Redzepi & Zilbert 2018, 26–28.)

Mädäntymisen ja fermentaation raja on hyvin häilyvä. Ruoka-aineiden mädäntyessä kaikki bakteerit ja homeet ovat tervetulleita. Mädäntyvä aines ei erittele, onko sitä hajottavat mikrobit hyvänlaatuisia vai haitallisia. Pilaantuva ruoka-aines luo ihanteelliset olosuhteet bakteereiden ja muiden mikro-organismien kasvulle. Mätänevä tuote muuttuu hyvin nopeasti ihmiselle myrkylliseksi. (Redzepi & Zilbert 2018, 26–28.)

2.2 Miten fermentaatio tapahtuu

Fermentaatioissa on lukuisia biologisia prosesseja, mutta makuperspektiivistä katsottuna tärkeimmät prosessit ovat ne, jotka rikkovat isoja molekyyliketjuja niiden yksinkertaisempiin ainesosiin. Tärkkelykset, joita löytyy ruuista, kuten riisit, viljat ja leguumit, ovat vain yksinkertaisen sokerin, glukoosin pitkiä molekyyliketjuja. Proteiinit, joita löytyy suuria määriä soijapavuista ja lihasta, rakentuvat saman tapaisesti pitkistä aminohappoketjuista. Aminohapot ovat pieniä orgaanisia molekyylejä, joita ilman maapallolla ei olisi elämää. Yksi noista aminohapoista on glutamiinihappo, joka tunnistetaan suussa umamina. Umami on viides perusmaku, jota löytyy esimerkiksi ruuista kuten sienet, tomaatit, juustot, lihat ja soijakastikkeet. (Redzepi & Zilbert 2018, 27–28.) Glutamiinihappo on läsnä natriumglutamaatissa, joka tunnetaan aromivahventeena.

Mikrobit ovat vastuussa fermentaatiossa tapahtuvasta transformaatiosta, jossa monimutkaiset ruoka-ainekset rikotaan pienempiin ihmiskehon tarvitsemiin osiin. Ruoka-ainesten rikkoutuminen pienempiin osiin tekee niistä helpommin sulatettavia, ravitsevampia ja herkullisempia. Ihmisten tykästyminen mikrobien tuottamiin makuihin on mahdollistanut mikrobien kehittymisen pitkään jatkuneen fermentaatio perinteiden seurauksena. Ihmiset ovat fermentoineet ruokia niin pitkän aikaa, että osaa fermentaatiossa hyödynnettäviä mikrobeja voidaan luonnehtia kesytetyiksi. (Redzepi & Zilbert 2018, 28.)

Fermentaation aloittamiseen on kaksi tapaa spontaani fermentaatio ja spontaani/villi fermentaatio, jossa fermentaatiosta vastuussa olevat bakteerit ovat valmiiksi fermentoitavan tuotteen pinnalla tai ympäristössä. Tästä esimerkkinä hapankaali, jossa fermentaation aloittavat bakteerit ovat jo valmiiksi kaalin pinnalla ja ympäristössä. Toinen tapa aloittaa fermentaatio on käyttää fermentaatio startteria tai bakteeri kulttuuria, jossa tuodaan tarvittavat fermentaatio mikroorganismit valmiista fermentoidusta tuotteesta tai bakteerikapselista, jotka käynnistävät fermentaation. Tästä esimerkkinä jogurtin fermentoiminen, jos maitoon ei lisätä maitohappobakteereita tai jogurttistartteria fermentaation aloittamiseksi on todennäköisempää, että maito pilaantuu eikä muutu jogurtiksi. Fermentaatio startterin käyttö nopeuttaa fermentaatiota. Fermentaatio startteria voidaan käyttää myös silloin kun fermentoidaan isoja määriä ja halutaan varmis-

taa, että tuotteeseen saadaan haluttuja bakteereita virhekäymisen estämiseksi. (Katz 2012.)

Fermentaatio startterilla tarkoitetaan yleisesti valmiiksi fermentoitunutta tuotetta, jossa haluttavat mikro-organismit ovat aktiivisia. Esimerkkejä fermentaatio starttereista ovat hapanjuuri, lusikallinen valmista jogurttia, hapankaalinliemi, maitohera, SCOBY (symbiotic culture of bacteria and yeast) paremmin tunnettu kombucha-sienenä, vaikka kyseessä ei ole varsinaisesti sieni. Fermentaatio startterilla tuodaan tuotteeseen tarvittavat mikro-organismit ja tällä luodaan paremmat olosuhteet onnistuneelle fermentaatiolle. (Katz 2012.)

Yksivaiheisella fermentaatiolla tarkoitetaan fermentaatiota, jossa fermentaatio tapahtuu kerran, esimerkiksi sokeri fermentoidaan maitohapoksi. Yksivaiheinen fermentaatio tapahtuu tietyssä järjestyksessä, kun fermentoitava raaka-aine esimerkiksi kaali leikataan pienempiin osiin. Esimerkkinä hapankaalin valmistaminen. Kaalin pinnalla olevat bakteerit kulkeutuvat leikkaukseen käytetyn välineen pinnalla, leikkaus pinnan kautta kaalin sisään. Seuraavaksi kaaliin lisätään suolaa ja ne sekoitetaan keskenään, tämän prosessin yhteydessä kaaliin tulee bakteereita tuotteen käsittelijän iholta. Ensimmäisenä bakteerina työnsä aloittaa Leuconostoc mesenteroides, joka alkaa tuottamaan metaboliitteinaan hiilidioksidia, maitohappoa ja etikkahappoa. Tämä laskee kaalin pH -arvoa nopeasti ja rajoittaa ei haluttujen bakteerien ja patogeenisten bakteerien kasvua kaalin pinnalla. L.mesenteroideksen tuottama hiilidioksidi syrjäyttää ilman ja luo anaerobisen tilan, jota fermentaatio vaatii. (Luzon-quintana, Castro & Duran-Guerrero 2021.)

Kaalin happopitoisuuden noustessa korkeammalle ja pH- arvon laskiessa, seuraavaksi bakteerit Lactobacillus brevis ja Lactobacillus plantarum alkavat kasvamaan. Lb. brevis ja Lb. plantarum luovat metaboliitteinaan maitohappoa niin paljon, että patogeeniset mikro-organismit kuolevat, jos tuotteen happopitoisuus ja suolapitoisuus on korkea Pediococcus cerevisia osallistuu hapon tuottamiseen. Tämän jälkeen fermentaatio on valmis. (Luzon-quintana, Castro & Duran-Guerrero 2021.)

Monivaiheisella fermentaatiolla tarkoitetaan fermentaatiota, jossa ensin täytyy fermentoida tuote ja sitten se fermentoidaan toiseksi tuotteeksi, esimerkiksi sokeri fermentoidaan alkoholiksi ja sitten alkoholi fermentoidaan etikaksi. esimerkki kaksivaiheisesta fermentaatiosta on etikka. Ensin täytyy fermentoida alkoholia, että etikkaa voidaan valmistaa. Alkoholin fermentaatio tapahtuu seuraavassa järjestyksessä. Aluksi tarvitaan hiilihydraatin lähde, kuten tärkkelys tai sokeri. Hiilihydraattiin lisätään Saccharomyces cerevisiae hiivaa. S. cerevisiae muuntaa hiilihydraatin alkoholiksi, hiilidioksidiksi ja hapoksi. Riippuen mitä S. cerevisiae suvun hiivaa käytetään fermentaation alkoholipitoisuus vaihtelee 11–18 % välillä. (Luzon-quintana, Castro & Duran-Guerrero 2021.)

Kun sokerit ovat muuntuneet alkoholiksi, seuraava askel fermentaatiossa on etikkahappo fermentaatio, jossa etikkahappobakteerit hapettavat alkoholia etikkahapoksi. Etikkahappo fermentaatio vaatii happea. Alkoholi fermentaatiossa tuotteen happipitoisuus vähenee, joten etikkahappo fermentaation käynnistämiseksi täytyy tuotteeseen tuoda lisää happea. Ihanteellinen lämpötila prosessille on 25–30 celsius astetta. Etikkahappobakteerin metaboliitteina syntyy etikkahappoa, hiilidioksidia ja vettä. Fermentaatio on valmis noin kolmessa kuukaudessa olosuhteitten mukaan. (Luzon-quintana, Castro & Duran-Guerrero 2021.)

2.3 Huomioitavia tekijöitä fermentaatiossa

Auringonvalo

Perinteisesti fermentaatiot suojataan suoralta auringonvalolta. Auringonvalosta tuleva ultraviolettisäteily voi tuhota tai hidastaa useiden mikro-organismien kasvun. Auringonvalo voi vähentää ravintoaineita fermentoitavassa raaka-aineessa. Pois sulkien tietyt hapankurkku fermentaatiot, jotka fermentoidaan suorassa auringonvalossa. Auringonvalo estää noissa fermentaatioissa pintahomeiden kasvua. Fermenttien ei tarvitse olla täydellisessä pimeydessä riittää, että suoralta auringonvalolta suojaaminen on huomioitu. Fermentaatiot voidaan säilyttää epäsuorassa auringonvalossa. (Katz 2012.)

Vesi

Useissa fermentaatioissa resepteihin lisätään vettä. Vesi edistää monien bakteerien kasvua ja leviämistä. Kaikki vesi ei sovellu fermentaatioon. Vesijohtoveteen lisätään klooria, jonka tarkoituksena on tappaa mikro-organismit. Jos fermentaatioon käytetään klooripitoista vettä, on mahdollista, että veteen lisätty kloori estää, hidastaa tai muuttaa fermentaatiota. Jos vedessä on tarpeeksi klooria se estää haluttujen bakteerien kasvua ja fermentaation sijaan raaka-aine pilaantuu. Kloorin voi keittää, suodattaa ja haihduttaa pois vedestä. Veden klooripitoisuuden voi tarkistaa kloorin mittauslaitteella, mutta se ei ole pakollista. (Katz 2012.)

Suola

Kaikki suolat eivät sovellu fermentaatioon. Fermentaatioon valittavan suolan tulee sisältää vain suolaa. Suolat, joihin on lisätty jodia soveltuvat fermentaatioon huonosti. Jodi on antibakteerinen elementti, joka voi hidastaa tai estää bakteerien kasvua fermentoitavassa tuotteessa. Suolat, jotka sisältävät paakkuuntumisenestoaineita soveltuvat samaan tapaan huonosti fermentaatioon, sillä osa paakkuuntumisenestoaineista on antibakteerisia. (Katz 2012.)

3 Fermentaatiosta vastuussa olevat mikro-organismit

Termillä mikro-organismi tarkoitetaan eliöitä, jotka ovat liian pieniä havaittavaksi paljaalla silmällä. Mikro-organismit koostuvat useista eliöiden ryhmistä, jotka ovat bakteerit, arkkieliöt, yksitumaiset eliöt, levät, sienet, alkueläimet, virukset, prionit ja limasienet. Mikro-organismit kattavat käsittämättömän suuren määrän elämänmuotoja, jotka ensimmäisinä asuttivat maapalloa. Fermentaation osalta tärkeimmät mikro-organismit ovat bakteerit ja sienet. (Pelczar & Pelczar NA.)

Bakteerit

Bakteerit ovat ensimmäisiä elämän muotoja maapallolla. Bakteerit ovat yksisoluisia organismeja, jotka lisääntyvät jakautumalla. Bakteereita löytyy lukemattomia määriä ympäri maailmaa. Bakteereista vain murto-osaa on tutkittu ja tunnistettu, esimerkiksi ihmiskehon soluista vain yksi solu kymmenestä solusta on ihmistä ja loput yhdeksän solua ovat bakteereita ja muita mikro-organismeja. Pelkästään ihmisen suussa on arviolta 750 eri bakteeria, joista suurimmasta osasta ei pystytä määrittämään niiden funktiota, sillä niitä ei ole pystytty kultivoimaan ja tutkimaan nykyisillä laboratorio menetelmillä (Avila, Ojcius & Yilmaz 2009).

Bakteereita on lukemattomia ja niiden toimintamallit ovat hyvin erilaisia. Esimerkiksi on olemassa haitallisia bakteereita, jotka voivat tuottaa niin myrkyllisiä metaboliitteja, että ne voivat olla kuolettavia ihmiselle esimerkiksi: Salmonellat ja Colibakteerit. Samanaikaisesti on olemassa lukemattomia hyödyllisiä bakteereita, joita kasvaa ihmisen sisällä suolistossa ja iholla osana ihmisen puolustusmekanismeja.

3.1 Hyödylliset bakteerit

Hyödyllisillä bakteereilla tarkoitetaan tässä yhteydessä bakteereita, jotka edesauttavat fermentaatiota niin, että lopputuloksena on herkullinen ja turvallinen ruokatuote. Hyödylliset bakteerit mahdollistavat turvallisen ja säilyvän ruokatuotteen siten, että ne muuttavat tuotteen olosuhteet muille haitallisille bakteereille mahdottomiksi elää ja lisääntyä.

Lactobacillae(maitohappobakteerit)

LAB-bakteerit ovat tangon ja ympyrän muotoisia bakteereita, joita löytyy suuria määriä hedelmien, vihannesten ja eläinten pinnoilta. LAB- bakteerit ovat fermentoivia happea sietäviä tai anaerobisia, happoa sietäviä tai happohakuisia bakteereita. LAB-bakteereilla on lajin mukaan erilaisia ravintovaatimuksia, joita ovat: hiilihydraatit, aminohapot, peptidit, rasvahapot, suolat ja vitamiinit. Käyttämällä glukoosia hiilen lähteenä LAB-bakteerit voivat olla joko homofermentatiivisia tai heterofermentatiivisia. Homofermentatiivisilla tarkoitetaan bakteereita, joiden metaboliiteista yli 85 % on maitohappoa. Heterofermentatiivisilla tarkoitetaan bakteereita, jotka tuottavat metaboliitteinaan maitohappoa, hiilidioksidia, etanolia ja/tai etikkahappoa. LAB-bakteereita tunnetaan tällä hetkellä 80 eri lajia. (Tannock 2004.)

LAB-bakteereita käytetään pääasiassa niiden ominaisuuden takia, joka muuttaa sokereita maitohapoksi. Maitohappo antaa suolakurkuille, hapankaalille ja muille lacto-fermentoiduille tuotteille niiden ominaisen happaman maun. LAB-bakteerit tuottavat metaboliitteinaan maitohappoa ja tästä syystä ne sietävät hyvin alhaisia pH-arvoja. LAB-bakteerit kestävät hyvin suolaista ja anaerobista ympäristöä. Maitohappobakteeri luokitellaan anaerobiseksi bakteeriksi, joka tarkoittaa sitä, että se ei tarvitse happea muuntaakseen sokeria maitohapoksi. Maitohappobakteerien ominaisuus sietää hapanta, suolaista ja hapetonta ympäristöä tekee siitä loistavan bakteerin ruokatuotteiden säilömiseen. Luomalla ympäristö, joka on hapan, suolainen ja hapeton karsitaan huomattava määrä elintilaa haitallisilta bakteereilta ja homeilta. Fermentoinnin kannalta kaikkein merkittävimpiä maitohappobakteeri sukuja ovat Leuconostoc, Pediococcus ja Lactobacillus. (Katz 2012.)

Leuconostoc

Leuconostoc suvun bakteerit ovat heterofermentatiivisia bakteereita, jotka tuottavat etanolia, maitohappoa, etikkahappoa, ja hiilidioksidia niiden metaboliitteina. Yleensä maitohappofermentaation käynnistävä bakteeri on L. mesenteroides. Se menestyy laajemmalla suola- ja sokeri pitoisuusalueella kuin mikään muu maitohappobakteeri. L. mesenteroides sietää lämpötiloja 3.9°C - 30°C välillä. L. mesenteroides kasvaa laajalla pH alueella 4,5–7,0, mutta se menestyy

parhaiten 5,5–6,5 pH välillä. L. mesenteroides on fakultatiivinen anaerobi, joka selviää hapen läsnäollessa, mutta pystyy fermentoimaan vain anaerobisesti. Fakultatiivisella tarkoitetaan eliötä, joka pystyy kasvamaan jonkin ympäristötekijän suhteen erilaisissa olosuhteissa. (Wang, Wu, Lv, Shao, Hungwe, Wang, Bai, Xie, Wang & Geng 2021.)

Pediococcus

Pediococcus suvun bakteerit ovat homofermentatiivisia, jotka tuottavat pääasiassa maitohappoa. Ne sietävät suolapitoisuuksia kahdeksaan prosenttiin asti ja joissain tapauksissa vielä korkeampiakin suolapitoisuuksia. Pediococcukset pystyvät kasvamaan 4.5–8.2 pH-alueella ja 15.6°C - 35°C lämpötiloissa. Merkittävin laji maitohappokäymiseen on P. cerevisiae. (Wang ym. 2021.)

Lactobacillus

Lactobacillus suvun bakteerit ovat tunnetuimpia bakteereita, jotka vaikuttavat maitohappokäymiseen. Lactobacillus suvun bakteerit ovat heterofermentatiivisia ja osa homofermentatiivisia bakteereita. Suvun tärkeimmät bakteerit fermentaation kannalta ovat L. brevis ja L. plantarum. Lactobacillus suvun bakteerit kestävät happo- ja suolapitoisuuksia parhaiten kaikista maitohappobakteereista. Lactobacillukset kasvavat 3.3–8.8 pH- alueella ja 12°C- 40°C lämpötiloissa. Ne sietävät jopa 18 prosentin suolapitoisuuksia. (Wang ym. 2021.)

Etikkahappobakteerit

Etikkahappobakteereja on samaan tapaan kuin LAB-bakteereita runsaita määriä monien ruoka-aineiden pinnalla. Etikkahappobakteereille optimaalinen lämpötila on 25–30 celsius astetta. Optimaalinen happamuus etikkahappobakteereille on 5.0–6.5, mutta ne pystyvät elämään alemmissa pH-arvoissa. Etikkahappobakteerit pystyvät sietämään hyvin luomaansa hapanta ympäristöä ja vaativat happea luodakseen etikkahappoa. Etikkahappobakteerit vaativat happea muuntaakseen alkoholia etikkahapoksi, joka tarkoittaa sitä, että etikkahappobakteerit ovat aerobiseksi luokiteltavia bakteereja. Etikkahappobakteerit hapettavat alkoholia, jonka ne muuttavat etikkahapoksi. On olemassa useita bak-

teereita, jotka pystyvät hapettamaan alkoholia aerobisesti, mutta ne eivät pysty tekemään sitä yhtä happamissa olosuhteissa. (Gomes, Borges, Rosa, Castro-gomez, & Spinas 2018.)

Etikkahappobakteeria käytetään erilaisten etikoiden fermentoimiseen. Yleisimpiä esimerkkejä etikoista ovat erilaiset viinietikat ja väkiviinaetikat. Etikkahappobakteeri antaa etikalle ja kombuchalle niiden ominaisen terävän happaman maun. Etikkahappobakteeria käytetään usein yhdessä erilaisten hiivojen kanssa, jotka muuttavat sokerit alkoholiksi. (Redzepi & Zilbert 2018, 30.)

3.2 Fermentoinnissa käytettävät homeet ja hiivat

Sienet kattavat suuren osan elämästä maapallolla, yksisoluisista hiivoista homeisiin ja jättiläismäisiin tatteihin. Sienet ja homeet kasvavat keräämällä ravintoa lonkeroita muistuttavilla rihmoillaan, jotka muodostavat verkkomaisen systeemin, joka tunnetaan sienirihmastona. Ne erittävät entsyymejä rihmastonsa kautta ja sulattavat ravintonsa ympäristöstänsä. (Redzepi & Zilbert 2018, 31.)

Hiivat fermentoivat saadakseen energiaa, joka tapahtuu muuntamalla sokeria alkoholiksi. Fermentaatio prosessit tapahtuivat spontaanisti ennen kuin kemiallista prosessia ymmärrettiin paremmin. 1850–1860 luvuilla ranskalainen kemisti ja mikrobiologi Louis Pasteur oli ensimmäinen tiedemies, joka todisti fermentaation tapahtuvan elävien solujen toimesta. (Maicas 2020) Pasteur kehitti monta menetelmää mikro-organismien tutkimiseen, torjumiseen ja kultivoimiseen. Tunnetuin Pasteurin luoma menetelmä on Pastörointi (Ullman 2023).

Saccharomyces cerevisiae

S. cerevisiae on erittäin hyödyllinen hiivalajike, joka tunnetaan myös leivinhiivana S. cerevisiaen ansiosta kolme ihmiskunnan ruokamaailman pilaria oluet, leivät ja viinit ovat mahdollisia. Sitä löytyy runsain määrin luonnosta ja huoneilmasta esimerkkeinä: spontaanisti fermentoituvat leipätaikinat ja viinit. S. cerevisiae elää muuntamalla sokeria alkoholiksi. Se rikkoo glukoosia, josta se saa tarvittavan energian elämiseen ja tuottaa metaboliitteinaan hiilidioksidia ja etanolia. Hiivan eri sukuhaaroja ja alalajeja käytetään niiden eri ominaisuuksien vuoksi, jotka tulevat esiin erilaisina makuina ja hajuina. Esimerkiksi leivän lei-

pomiseen tarkoitettua hiivaa ei yleisesti käytetä oluiden ja viinien tekemiseen, koska lopputuote maistuisi väärälle. Hiivat elävät ja lisääntyvät aerobisesti, mutta alkoholin fermentaatio tapahtuu anaerobisesti. hiivat kuolevat 60 celsiusasteesta ylöspäin. (Redzepi & Zilbert 2018, 31.)

Aspergillus oryzae

A. oryzae itiöitä on ilmaan muodostuva home, joka tunnetaan paremmin nimellä Koji. Sitä on jalostettu tuhansia vuosia kasvamaan nopeasti kuumassa ja kosteassa ympäristössä keitetyn riisin ja ohran pinnalla. A. oryzaen käyttäminen fermentaatiossa juontaa juurensa noin 3000–2000 vuoden taakse Kiinaan. Ihanteellinen kasvu tapahtuu 30–36 asteessa ja 70–80 % ilmankosteudessa, yli 42 asteen lämpötilat tappavat homeen. Koji tuottaa proteaasi entsyymiä, joka rikkoo proteiineja, amylaasi entsyymiä, joka rikkoo sokereita ja lipaasi entsyymiä, joka rikkoo rasvoja. Näitä entsyymejä käytetään, kun fermentoidaan Misotahnoja, soijakastikkeita ja garumeja. A. oryzae on erittäin tärkeä tekijä aasialaisen ruoan valmistuksessa. (Machida, Yamada & Gomi 2008.)

3.3 Patogeeniset mikro-organismit

Patogeenisia mikro-organismeja on kaikkialla. Niitä löytyy maa-aineksesta, pöytien pinnoilta, ihmisen päältä ja sisältä. Patogeeniset mikro-organismit vaativat tietyt olosuhteet luodakseen ihmiselle vaarallisia myrkkyjä. Mikro-organismin mukaan olosuhteet voivat olla hapen puute, tarpeeksi korkea pH-arvo, alhainen lämpötila, korkea lämpötila, hapen läsnäolo tai tarpeeksi alhainen suolapitoisuus. Monet vaaralliseksi luokitellut bakteerit ja sienet ovat vaarattomia niin kauan kuin olosuhteet eivät ole niille edulliset. (Katz 2012.)

Clostridium botulinum

C.botulinum on itiöitä tuottava bakteeri, joka on syypää kuolettavan vaaralliseen sairauteen botulismiin. C.botulinum on anaerobinen bakteeri, joka kukoistaa ravintorikkaissa, lämpimissä ympäristöissä. Sen itiöitä löytyy maa-aineksesta ja vedestä, jossa ne odottavat horroksessa sopivia olosuhteita lisääntymiselle ja voimakkaan hermomyrkyn tuottamiselle. Ruokatuote, jossa on mikrogramma botulismimyrkkyä, on riittävä määrä aiheuttamaan vakavan sairauden. Botulismi myrkkyä ei pysty havaitsemaan haistamalla eikä maistamalla, siksi ainoa tapa

taata turvallinen ruokatuote on huolellisuus ja riskitekijöiden tunnistaminen etukäteen. (Ruokavirasto 2019.)

Yleisimmät syyt botulismi myrkytyksiin ovat eläintuotteet, joissa kylmäketju on päässyt katkeamaan tai väärin purkitetut kasvikset, jossa lämpötilat eivät ole olleet tarpeeksi korkeita tai säilöntäliemen happo- ja suolapitoisuudet ovat liian alhaisia. C.botulinum kuolee pitkäkestoisessa 60 celsius asteen ylittävässä lämmössä. C.botulinumilla on suuria vaikeuksia kasvaa nesteessä, jossa veden aktiivisuus on alle 0.97, joka saavutetaan nostamalla nesteen suolapitoisuus viiteen prosenttiin tai korkeammalle. C.botulinum ei selviä olosuhteissa, jossa tuotteen pH-arvo on alle 4,6. Virhekäymisen estämiseksi tulee säilönnässä käytettävän tuotteen pH-arvo olla alle 4,6 tai tuotteen suolapitoisuus 5.(Ruokavirasto 2019.)

Escherichia coli

E. coli bakteerit ovat yleisiä nisäkkäiden suolistobakteereita. E. colibakteerit kuuluvat ihmisten ja muiden tasalämpöisten eläimien suolistojen normaalibakteeristoon, joiden tehtävänä on estää tauteja aiheuttavia mikrobeja tarttumasta isännän suolistoon. E. colibakteerista on myös variaatioita, jotka voivat aiheuttaa vakavan ruokamyrkytyksen tai pahimmassa tapauksessa kuoleman. Ihmiselle vaarallisin E. colibakteeri tunnetaan nimellä EHEC-bakteeri (Enterohemorraginen Escherichia coli). Bakteeria kutsutaan myös nimellä VTEC-bakteeri (Verotoksinen Escherichia coli) bakteerin tuottaman verotoksiini-nimisen myrkyn vuoksi. (Ruokavirasto 2019.)

Kirjallisuudessa bakteerista käytetään myös nimitystä STEC (Shigatoksinen Escherichia coli). Nämä bakteerit tarttuvat yleisesti huonosta käsien hygieniasta tai kontaminoituneista lihatuotteista. Ristikontaminaatio työvälineistä tai työtasoista on yleinen syy colibakteerin aiheuttamiin sairauksiin. Kasvisten tarkka peseminen kylmässä vedessä vähentää kasvisten pinnalla olevaa bakteerien populaatiota huomattavasti. Tuotteen suolapitoisuuden nostaminen 10 prosenttiin tai korkeammalle ja korkeat lämpötilat tuhoavat bakteerin. (Ruokavirasto 2019.)

Salmonella

Salmonella on tangon muotoisten bakteerien suku, jota tavataan yleensä raa'asta siipikarjasta, pastöroimattomasta maidosta ja pesemättömistä vihanneksista ja hedelmistä. Siipikarja, nisäkkäät ja matelijat voivat toimia oireettomina taudinkantajina. Salmonellat aiheuttavat lavantautia ja suolistoinfektioita. 80 % suomessa todetuista salmonella tapauksista on peräisin ulkomailta. Yleiset tavat salmonella bakteerin aiheuttamaan sairauteen sairastumiselle on raa'an siipikarjan käsittelyn yhteydessä tapahtuva ristikontaminaatio, jossa bakteeria on päässyt työtasoille ja välineille. Salmonella kuolee nesteessä, jossa veden aktiivisuus on alle 0.95, 10 prosentin suolapitoisuus tappaa bakteerit. (Ruokavirasto 2019.)

4 Fermentaatiosäilöntään liittyvä ruokaturvallisuus ja fermentointi astiat

Tuotteen valmistuksessa tulee tunnistaa mahdolliset riskitekijät ja noudattaa yleisiä hygienia ohjeistuksia. Oli kyseessä fermentaatio tai mikä tahansa muu ruoanlaiton muoto on puhtaus yksi tärkeimmistä tekijöistä, jolla voidaan välttyä ruokamyrkytyksiltä. (Ruokavirasto n.d)

4.1 Ruokaturvallisuus

Puhdas työpiste kertoo ammattitaidosta, luotettavuudesta ja ammattiylpeydestä. Fermenttien kanssa työpisteen puhtaus on kaksin verroin tärkeämpää. Fermentaation kannalta puhdas työskentelytaso tarkoittaa tasoa, jossa ei ole näkyvää likaa, tämä puhtauden aste saavutetaan pesemällä työtaso. Jos halutaan luoda vielä hygieenisempi puhtauden taso, voidaan pesemisen jälkeen käyttää desinfiointi ainetta. Tällä päästään eroon suurimmasta osasta mikro-organismeista. (Katz 2012.)

Puhdas työpiste tekee patogeenisten bakteerien pääsyn fermentoitavaan ruokatuotteeseen huomattavasti vaikeammaksi. Jos työpiste on epäpuhdas tai siinä on sinne kuulumattomia raaka-aineita, on hyvin vaikeaa luoda olosuhteet onnistuneille fermentaatioille. Puhtaalla työpisteellä voidaan estää ei haluttujen bakteerien pääsy tuotteeseen, jotka pilaavat fermentin, saavat sen maistumaan oudolle tai tekevät siitä vaarallisen syötäväksi. (Redzepi & Zilbert 2018, 36.)

Potentiaalisesti haitalliset ja mahdollisesti vaaralliset mikro-organismit ovat aina läsnä ympäristössä ja pöytien pinnoilla. Bakteerit pystyvät monistautumaan nopeasti. Kosteissa, ravintorikkaissa olosuhteissa, joissa lämpötila on 4.5–40 celsius astetta ilman happea tai hapen läsnäolossa. Nämä olosuhteet ovat samat, jotka luodaan monille fermentaatioille. World Health Organization (WHO) suosittelee kypsentämään ruoan 70 celsius asteeseen ennen ruokatuotteen syömistä. Fermentaatioiden kohdalla ohjeistusta ei voida noudattaa, sillä suurin osa bakteereista, jotka ovat vastuussa onnistuneesta käymisprosessista kuolevat korkeissa lämpötiloissa. (Redzepi & Zilbert 2018, 37.)

Kun tarkoituksena on luoda turvallinen ja maukas ruokatuote, on tärkeää tarkkailla ja maistaa fermentoituvaa tuotetta sen eri vaiheissa. Fermenttien tarkastaminen tapahtuu usein aistinvaraisesti. Tarkkailtavia ominaisuuksia ovat maku, koostumus, väri ja haju. Jos tuote maistuu tai haisee oudolle, on todennäköistä, että fermenttiin on päässyt jotain sinne kuulumatonta. (Katz 2012.)

Fermenttien aistinvarainen arviointi vaatii kokemusta ja tietoa siitä, mitkä ominaisuudet kyseisellä fermentaatiolla tulisi olla. Jos fermentistä löytyy poikkeamia, on turvallisempaa heittää virhekäynyt tuote menemään. Fermentaatioiden raaka-aineet ovat yleensä halpoja ja fermentaatioon käytetyn ajan takia ei kannata riskeerata omaa tai kuluttajien terveyttä. Vaikka suurin osa laadunvalvonnasta tapahtuu aistinvaraisesti, on sitä varten myös apuvälineitä, joilla voidaan varmentaa tiettyjä ominaisuuksia fermentoidusta tuotteesta. Yksi näistä työkaluista on pH-mittari (Katz 2012).

pH-asteikon kehitti tanskalainen kemisti Søren Peter Lauritz Sørensen Carlsbergin laboratoriossa Kööpenhaminassa. pH-asteikko mittaa nesteen happamuutta ja emäksisyyttä. pH on lyhenne sanoista potential of hydrogen, joka tarkoittaa vedyn potentiaalia. Mitä happamampi neste on, sitä enemmän siinä on vetyioneja. pH-asteikko ilmoittaa happamuuden arvojen 0 ja 14 välillä. (Britannica 2023.)

Nesteen ollessa hapan arvo, on alle 7 ja jos neste on emäksinen, arvo on yli 7. Puhtaan veden pH on 7. pH-arvoa mitataan pH-mittarilla. Kotikäyttöön on saatavilla nopeita pH-testisarjoja, joilla voidaan määrittää nesteen pH-arvo (Britannica 2023.) pH-mittari on hyvä työkalu, kun halutaan varmistaa, että fermentoitava tuote on tarpeeksi hapan vaarallisille mikro-organismeille.

4.2 Fermentaatiosäilönnässä käytettävät astiat

Fermentoidun tuotteen laatuun vaikuttaa monta eri tekijää, kuten raaka-aineiden laatu, raaka-aineiden sisältämät epäpuhtaudet, tuotannon hygienia, fermentaatiostartterin laatu, Fermentaation olosuhteet (aika, suolapitoisuus, happamuustaso) ja astia, jossa fermentaatio tapahtuu. Astian valintaan vaikuttaa, mitä on tarkoitus fermentoida ja minkälaiset olosuhteet fermentaatio vaatii. (Satora & Strnad 2024.)

Lasiset fermentaatio astiat

Lasipurkit ja lasiastiat sopivat erinomaisesti fermentaatioon. Lasi on käytännössä inerttiä, joka tarkoittaa sitä, että se ei reagoi kemiallisesti juuri minkään aineen kanssa. Lasi on hyvin tiheää ja sen läpi ei pääse happea eikä epäpuhtauksia sen sisällä olevaan tuotteeseen. Näiden ominaisuuksien ansiosta lasia käytetään yleisesti laboratorioissa. Nämä samat ominaisuudet tekevät lasista erittäin hyvän astian fermentaatioon. Fermentaatiossa on tärkeää, että astiasta ei liukene tuotteeseen ylimääräisiä hajuja, makuja tai kemikaaleja, jotka voivat aiheuttaa virhekäymisen. Lasiset astiat ovat yleisesti helppoja puhdistaa ja kuivata. Lasisten astioiden huonopuoli on se, että lasi on helposti särkyvää. Lasi astiat kestävät suhteellisen huonosti painetta, joka syntyy fermentaation seurauksena. Tästä syystä lasisten fermentaatio astioiden kanssa työskennellessä, tulee välttää astioiden kolhimista ja vapauttaa fermentaatiosta syntyvä kaasu avaamalla astian kansi tai käyttämällä ilmalukkoa. (Satora & Strnad 2024.)

Lasiastioissa pystytään luomaan anaerobiset olosuhteet todella nopeasti, joka mahdollistaa useiden maitohappobakteerien nopeaa kasvua, joka saattaa nopeuttaa tuotteen fermentaatiota. Anaerobinen tila estää happoa ravintonaan käyttävien hiivojen kasvua, jotka laskevat tuotteen happopitoisuutta ja nostavat pH-arvoa. Tämä laskee virhekäymisen todennäköisyyttä. (Satora & Strnad 2024.) Lasiset astiat ovat erittäin hyviä pienessä mittakaavassa tapahtuvaan fermentaatioon. Jos tarkoituksena on tehdä useampi kymmentä kiloa fermentoitavaa tuotetta, tulee lasisten astioiden kanssa haasteita. Lasin haitta puolia on

se, että lasi painaa suhteellisen paljon ja se on kallista. Yli 10 litran lasisia astioita on hankalaa löytää.

Keraamiset fermentaatio astiat

Keraamisia astioita on käytetty fermentoimiseen tuhansia vuosia. Keraamiset astiat ovat loistavia fermentoimiseen varsinkin silloin, kun on tarkoitus fermentoida suuria määriä kerralla. Keraamisia astioita on monia eri kokoja ja muotoja. Fermentaatiossa yleisimmin käytetään sylinterin muotoisia keraamisia astioita. Sylinterin muotoisten astioiden etu on se, että niissä on yleensä suuri pinta-ala, jonka seurauksena fermentoitavaa tuotetta mahtuu käsittelemään ja siihen on helppo löytää sopiva paino, jolla fermentoitava tuote saadaan pysymään pinnan alla. Keraaminen astia on huokoista ja siitä pääsee happea läpi astian sisälle. Happi ja suuri pinta-ala mahdollistaa homeiden ja hiivojen kasvua fermentoitavan tuotteen pinnalla, jotka voivat aiheuttaa virhekäymisen (Satora & Strnad 2024). Lähtökohtaisesti, jos astia on puhdistettu ennen käyttöä ja fermentoituvaa tuotetta valvotaan aktiivisesti, on virhekäymisen todennäköisyys suhteellisen pieni. Keraamisten astioiden huokoinen koostumus nousee suureksi eduksi varsinkin silloin, kun fermentointi ei tapahdu anaerobisesti. (Katz 2012.)

Metalliset fermentaatio astiat

Metallisia fermentaatio astioita käytetään teollisesti paljon, mutta niiden käyttö pienemmässä mittakaavassa on vähäisempää. Metallisten astioiden ongelmana yleensä on se, että niistä voi liueta haitallisia makuja, hajuja tai aineita fermentoitavaa tuotteeseen. Suuri osa metalleista on erittäin reaktiivisia hapen, happojen ja suolojen kanssa. Teolliset fermentaatio säiliöt ja astiat valmistetaan yleensä ruostumattomasta teräksestä ja ne maksavat todella paljon ja niitä täytyy huoltaa ja ylläpitää. Metallisia fermentaatio astioita ja säiliöitä käytetään esimerkiksi oluiden, viinien ja muiden alkoholijuomien valmistuksessa. Kotikäyttöön tarkoitetut metalliset astiat eroavat teollisista astioista yleensä siinä, että teolliset astiat ja säiliöt on valmistettu kokonaan ruostumattomasta teräksestä ja kotikäyttöisissä astioissa on ohut pinnoite ruostumatonta terästä. Pinnoitteen naarmuuntuessa, teräs voi alkaa ruostua. Metalliset astiat, jotka on emaloitu kestävät happamia fermentaatioita, mutta niissä on sama ongelma, jos emali naarmuuntuu tai vahingoittuu voi tuotteeseen päästä haitallisia aineita. (Katz 2012.)

Muoviset fermentaatio astiat

Muovisia astioita ei yleisesti suositella fermentaatioon, koska niistä on vaikeaa saada tarpeeksi tietoa kestääkö kyseinen astia fermentoimista. Muovi voi reagoida happojen, suolojen tai muiden fermentoinnin kannalta olennaisten toimintojen kanssa. Muovista voi liueta haitallisia hajuja, makuja tai kemikaaleja ruokatuotteeseen. Muoveista irtoavat kemikaalit voivat hidastaa tai estää haluttujen bakteerien kasvua. Muovista irtoavat kemikaalit ovat todennäköisesti ihmiselle haitallisia. (Katz 2012.)

Puiset fermentaatio astiat

Puiset astiat ovat hyviä, kun tarkoituksena on fermentoida suuria määriä kerralla. Puisten astioiden ominaisuudet ovat melko samat kuin keraamisten astioiden. Puisten astioiden etu on se, että ne ovat todella halpoja. Puun syyt ja huokoset ovat oivallisia kasvualustoja bakteereille. Puu imee itseensä kosteutta, joka mahdollistaa bakteerien kasvua sen pinnalla entisestään. Puisissa astioissa tulee kiinnittää huomiota, että fermentoitava tuote pysyy pinnan alla. Hapen läsnäolo ja puun ominaisuus toimia kasvualustana useille bakteereille voi johtaa virhekäymiseen. (Katz 2012.)

5 Maun kehittyminen

Maku on ihmiskehon toiminto, joka aistitaan suussa olevien reseptorien ja hajujärjestelmän yhdistelmänä. Kieli ja ihmisen hajujärjestelmä ovat erittäin monimutkaisia elimiä, jotka ottavat vastaan kemiallisia vihjeitä ympäröivästä maailmasta ja välittävät tiedon aivoihin. Maku ja tuoksu kertovat, että kypsä hedelmä on makea ja siten täynnä kaloripitoista sokeria tai, että kasvin varsi on kitkerä ja mahdollisesti myrkyllinen. Tulen päällä paistuvan lihan tuoksu tunnistetaan herkulliseksi ja saa suun kostumaan syljestä, koska haju tunnistetaan aivoissa merkiksi, että kohta syödään jotain missä on paljon proteiinia. Ihmiset syntyvät valmiiksi inhoten tiettyjä makuja, jotka vahvistuvat kokemuksien myötä. Synnynnäinen inho aiheuttaa oksennusrefleksin mädäntyvän lihan hajusta, joka mätänee patologisten bakteerin toimesta. (Redzepi & Zilbert 2018, 27.)

Makureseptorit sijaitsevat kielellä ja ne voivat erottaa viisi perusmakua, kuten suolainen, katkera, makea, hapan ja Umami. Happaman maun aiheuttaa todennäköisesti orgaanisten happojen läsnäolo, sillä happaman maun tunnistamisen alkuperäinen tehtävä oli tunnistaa pilalla oleva tai kypsymätön ruoka. Samaan tapaan kuin happaman maun, suolaisen maun laukaisee ruoassa olevat ionit. Tästä syystä suolaisen maun reseptorit ovat tärkeitä elektrolyyttipitoisuuksien tunnistamisessa. Ionipitoisuuksien konsentraatio määrittää, tunnistetaanko maku miellyttäviksi vai ei. Umami ja makea reseptoreiden tehtävä on ilmoittaa ruoan kaloripitoisuudesta. Umami reseptorit laukeavat pääasiassa aminohapoista ja makeat reseptorit sokereista. Kielessä sijaitsevat katkeran maun reseptorit pyrkivät tunnistamaan mahdollisesti myrkyllisiä komponentteja, kuten bakteerien metaboliitteja ja pilaantuneita ruokatuotteita. (Wieczorek & Drabińska 2022.)

Fermentaation seurauksena raaka-aineen makuprofiili kehittyy ja monimutkaistuu. Fermentaatio ei rajoitu vain happamiin makuihin. Monet ihmisille tutut ja halutut maut ovat fermentaation tulosta. Esimerkiksi oliivit ovat raakoina myrkyllisiä ja todella kitkeriä. Fermentaation seurauksena oliivien myrkyllisyys katoaa, maku kehittyy ja kitkeryys poistuu. Monet arvostetuimmat juustot ovat fermentaation tulosta. Kaikki juustot eivät ole fermentoituja, mutta ne juustot, joissa on

vahva maku ja haju ovat. Juustojen makuun vaikuttaa se, mitkä bakteerit ja homeet ovat läsnä fermentaatio prosessissa. (Katz 2012.)

Ruoat, joita ihmiset syövät päivittäin, ovat mahdollisia fermentaation ansiosta. Leivät olisivat tiheitä tiiliä ilman hiivoja, jotka nostattavat taikinan ja antavat leivälle sen tekstuurin ja maun. Salamit, pastramit, prosciuttot ja muut pitkään ilmakypsytetyt lihatuotteet saavat makunsa fermentaatiosta. Suklaata ja vaniljaa ei olisi olemassa niiden tunnetussa muodossa ilman fermentaatiota. Viinit ja oluet ovat fermentaation tulosta niin kuin etikatkin. Fermentaatio on niin yleinen menetelmä, että monet eivät tiedosta sen olemassaoloa. Useiden kulttuurien suurimmat kulinaariset saavutukset ja rakastetuimmat maut ovat fermentaation tulosta. Fine dining-ravintoloissa suurin osa mauista ja annoksista ovat mahdollisia fermentaation ansiosta.

Fermentoidut lisukkeet, kasvikset ja kastikkeet ovat helppo tapa tuoda muuten mauttomiin ruokiin monimutkaisuutta ja herkullisuutta. Fermentoidut tuotteet voivat toimia ruoan maun vahventeena ja tuoda esiin uusia makuja. Hyviä esimerkkejä makua vahvistavina elementteinä ovat soija- ja kalakastikkeet. Fermentoiduilla ruokatuotteilla voidaan tuoda tekstuuria muuten yksinkertaisiin annoksiin. Esimerkiksi keitetyn riisin kanssa syöty rapea kimchi tai hapankaali tuovat muuten pehmeään ruokaan tekstuuria ja hapokkuutta.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda teos fermentaatio säilönnästä, jossa selitetään lukijalle, mitä on fermentaatio ja miten se tapahtuu. Tarkoituksena oli, että työstä olisi hyötyä fermentaatiosta kiinnostuneille ja harrastajille. Työssä käytiin läpi fermentaatiosta vastuussa olevat bakteerit ja niiden antagonisti bakteerit, jotka johtavat virhekäymiseen tai ruokatuotteen pilaantumiseen. Bakteerien läpi käyminen oli niin mielenkiintoista, että sukelsin työssä todella syvälle niiden toimintamekanismeihin ja ominaispiirteisiin. Työssä käsitellään kattavasti olosuhteet, joissa bakteerit selviytyvät, kukoistavat ja kuolevat. Kävin mielestäni työssä fermentaatio prosessin läpi niin, että se avautuu lukijalle ja siitä voi olla hyötyä, jos lukija haluaa kokeilla fermentointia itse.

Jos tekisin työtä uudestaan, niin rajaisin bakteerien ja mikro-organismien kuvailua vähemmälle. Fermentaatio prosessista ja bakteerien ominaisuuksista raportoiminen suomen kielellä oli erittäin haastavaa, sillä suurin osa laadukkaiksi arvioimieni lähteiden tutkimukset ja teokset olivat vieraskielisiä ja vastaavia sanoja ei löydy suomen kielestä. Työn yhteydessä tekemäni tiedon keräämisen yhteydessä huomasin, kuinka tärkeää lähdekriittisyys ja faktojen tarkistaminen on, kun aiheena on erittäin vanha ja perinteinen menetelmä. Fermentaatioon liittyy suuri määrä uskomuksia, jotka ovat puolitotuuksia tai valheita, jotka eivät kestä lähempää tarkastelua ja nojaavat henkilökohtaisiin kokemuksiin, eikä vertaisarvioituihin tutkimuksiin.

Fermentaatio prosessin ja bakteerien läpi käyminen oli erittäin mielenkiintoista ja mielekästä. Fermentaatio prosessin läpikäyminen ja kuvaaminen muuttui useasti ja rajasin opinnäytetyön sisältöä tiiviimmäksi lukuisten aivoriihien tuloksena. Varasin opinnäytetyön tekemiseen suhteellisen pitkän ajan, joka vaikutti lopullisen työn muuttumiseen useaan kertaan. Prosessin aikana tuli aikataulullisia vastoinkäymisiä ja työn tekeminen valmiiksi lykkääntyi useaan kertaan.

Ruokaturvallisuuden kannalta fermentaatiossa pätee samat säännöt kuin, kaikessa muussa ruoan valmistuksessa. Hygieeniset työskentely menetelmät ovat pakolliset. Fermentaatiossa täytyy ymmärtää mikä tekee fermentoidusta tuot-

teesta turvallisen. Työssä käyn läpi mitkä happamuuden ja suolaisuuden tasot luovat olosuhteet, jotka tekevät tuotteesta turvallisen. Esitän työssä useita huomioita, jotka ohjaavat fermentoijaa kokeilemaan ja tarkastelemaan tuotetta aistin varaisesti ja luopumaan prosessista, jos tuotteen turvallisuuden kanssa on epävarmuutta.

Fermentaatiossa käytettävien välineiden valinta tiettyjen fermentaatioiden kohdalla voi vaikuttaa huomattavasti lopputulokseen. Työssä käyn läpi mitä asioita tulee huomioida, kun valitaan astiaa fermentaatioon ja mitkä ovat astioiden materiaalien ominaisuudet ja heikkoudet. Mielestäni työssä käsittelin fermentaatio välineitä riittävästi, mutta jos tekisin työn uudelleen, lisäisin niihin enemmän esimerkkejä mihin fermentaatioihin käyttäisin tiettyjä astioita.

Työssä käyn läpi maun kehittymistä ja happaman maun merkitystä. Maku kehittyy erinäisten kemiallisten yhdisteiden seurauksena ja ne aistitaan joko miellyttävinä tai epämiellyttävinä. Kielen ja hajujärjestelmä tulkitsee yhdisteet ja viestii aivoille, onko tuote syötävä vai mahdollisesti myrkyllinen. Hapanmaku kehittyi tätä tarkoitusta varten ja sen avulla ihmiset ovat pystyneet arvioimaan onko tuote mahdollisesti vaarallinen. Nykyään happaman maun merkitys on muuttunut ja hapan maku tulkitaan usein herkulliseksi ja siitä syystä etikoita ja happoja lisätään ruokiin tuomaan esiin tai korostamaan muita makuja. Työssä käydään nopeasti läpi maun kehittyminen ja siihen olisi voinut keskittyä enemmän, mutta ajan puutteen takia kappale jäi hieman lyhyemmäksi.

Yhteenvetona opinnäytetyöni tarjoaa kattavan kuvauksen fermentaatiosta säilöntämenetelmänä ja siitä, miten fermentaatio tapahtuu. Opinnäytetyön prosessin aikana koin aika ajoin turhautuneisuutta ja epäuskoa siitä, että pystyn viemään prosessin loppuun asti. Koin myös suuria onnistumisen tunteita ja ylpeyttä virstapylväiden kohdalla, jotka saavutin. Tämän opinnäytetyön aikana opin sen, kuinka tärkeää on luottaa prosessiin ja siihen, että vaikka päämäärä vaikuttaa epäselvältä, suunnitelmallisuudella ja päättäväisyydellä päämäärä selkiytyy ja se on mahdollista saavuttaa. Opinnäytetyön tekeminen ja valmiiksi saattaminen vahvisti kokemusta omasta ammattitaidosta, kyvystä oppia ja kehittymisestä lähteiden arvioimisesta. Työn yhteydessä opin, kuinka tärkeää hyvä aikatauluttaminen on. Olisin säästänyt suunnattoman määrän päänvaivaa, jos olisin

tehnyt alusta pitävän ja kattavan aikataulutuksen. Opinnäytetyön edetessä, huomasin kehittyneeni kirjoittajana. Fermentaation maailma on laaja ja mahdollisia kehittämisen kohteita ja fermentoitavia raaka-aineita on lukematon määrä. Kun valitsin aiheen opinnäytetyölleni olin jo pitkään ollut kiinnostunut fermentoinnista ja säilönnästä, Työn myötä ymmärrykseni ja kiinnostukseni fermentaatiota kohtaan on kasvanut entisestään ja toivon, että tulevaisuudessa pääsen työskentelemään samanlaisten projektien parissa. Aion viedä oppimiani menetelmiä käytäntöön.

LÄHTEET

Avila, M., Ojcius, M. & Yilmaz, Ö. 2009. The Oral Microbiota: Living with a Permanent Guest. Verkkosivu. Viitattu 2.8.2023. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2768665/

Britannica.2023. pH chemistry. nettisivu viitattu 24.1.2024. https://www.britannica.com/science/pH

Carboni, D., Martins, G., Gomez-Zavaglia, A. & Castilho, C. 2023. Lactic Acid Bacteria in the Production of Traditional Fermented Foods and Beverages of Latin America. Verkkosivu. Viitattu 2.8.2023. https://www.mdpi.com/2311-5637/9/4/315

Gomes, R. Borges, M. Rosa, M. Castro-gomez, R. & Spinas, W. 2018. Acetic Acid Bacteria in the Food Industry: Systematics, Characteristics and Applications. Verkkosivu. Viitattu 5.9.2023. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6117990/

Katz, S. 2012. The Art of Fermentation. E-kirja. Chelsea Green Publishing. Viitattu 10.1.2024. Vaatii käyttöoikeuden. https://www.storytel.com/fi/books/the-art-of-fermentation-new-york-times-bestseller-595182

Luzon-quintana, L. Castro, R. & Duran-Guerrero, E. 10.5.2021. Biotechnological Processes in Fruit Vinegar Production. Verkkosivu. viitattu 5.10.2023. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8145929/

Machida, M. Yamada, O. & Gomi , K. 2008. Genomics of Aspergillus oryzae: Learning from the History of Koji Mold and Exploration of Its Future. Verkkosivu. Viitattu 2.10.2023. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2575883/

Maicas, S. 2020.The Role of Yeasts in Fermentation Processes. Verkkosivu. Viitattu 3.10.2023. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7466055/

Pelczar R & Pelczar M. NA. microbiology. verkkosivu. viitattu 4.10.2023 https://www.britannica.com/science/microbiology

Redzepi, R. & Zilbert, D. 2018. The Noma Guide to Fermentation. New York. Artisan, a division of Workman Publishing Co., Inc.

Ruokavirasto. 2019. Ruokamyrkytyksiä aiheuttavia bakteereja. Verkkosivu. Viitattu 25.9. 2023. https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/ohjeita-kuluttajille/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheuttavia-bakteereja/

Ruokavirasto. n.d. Hygienia kotikeittiössä. Verkkosivu. Viitattu 25.1.2024. https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/ohjeita-kuluttajille/kasittely-ja-sailyttaminen/hygienia-kotikeittiossa/

Satora, S & Strnad S. 2024. The Influence of Fermentation Vessels on Yeast Microbiota and Main Parameters of Sauerkraut. Verkkosivu. viitattu 8.2.2024. https://www.mdpi.com/2076-3417/14/1/236

Tannock, G. 2004. A Special Fondness for Lactobacilli. Verkkosivu. Viitattu 5.9.2023. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC427720/#r22

Ullman, A. 24.9.2023. Louis Pasteur. Verkkosivu. viitattu 5.10.2023. https://www.britannica.com/biography/Louis-Pasteur

Wang, Y. Wu, J. Lv, M. Shao, Z. Hungwe, M. Wang, J. Bai, X. Xie, J. Wang, Y & Geng, W. 2021. Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. Verkkosivu. Viitattu 6.9.2023. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8149962/

Wieczorek,M & Drabińska, N. 2022. Flavour Generation during Lactic Acid Fermentation of Brassica Vegetables. Verkkosivu. Viitattu 31.7.2023 https://www.mdpi.com/2076-3417/12/11/5598