

# TEMPEH

## - HOMETTAMISEN JALO TAITO

Tämä on Luomuvegaaniverkoston TEMPEH-projektin tausta-aineisto, joka on edellisen kerran päivitetty kesällä 2006 ja on peräisin osoitteesta "<http://elonmerkki.net/von-fi>". Tutkimusten edistyessä tämä dokumentti todennäköisesti päivittyy, joten olkoon se inspiraatioksi ja tiedonlähteeksi, kunnes toisin todistetaan. Tämän tiedonannon kaupallinen levittäminen on ehdottomasti kielletty. Mikäli sinulla on kokemuksia Tempehin valmistuksesta tai olet kiinnostunut jakamaan aiheeseen liittyviä tietoja tai taitoja, ota yhteyttä Luomuvegaaniverkoston sähköpostitse "von-fi (AT) elonmerkki (piste) net" ...

Tällä hetkellä mielenkiinto kohdistuu erityisesti tempehin valmistukseen siperian hernepensaan siemenistä (*Caragana arborescensis*), violettipalkoisista maatiaisherneistä (Apposherneet), sekä härkävavuista. Myös muiden öljysiementen, kuten hyvänheikin savikan (*chenopodium bonus-henricus*) tai piharatamon (*plantago major*) siementen hyödyntäminen kiinnostaa..

## INDEX:

1. Mitä ihmeen tempehiä?
2. Joitakin tilastoja siitä mitä 100 grammaa tempehiä sisältää
3. Erilaisia raaka-aineita
4. Indonesialainen tempeh-starteri, eli itiöjuuri
5. Starterin, eli itiöjuuren läntisiä valmistustapoja
6. Tempehin valmistusta Indonesiassa
7. Tempeh-fermentoinnin mikrobiologiaa ja kemiaa
8. Onchom

LIITE: Kasvisravintola Verson keittiön muistiinpanoja

## 1. MITÄ IHMEEN TEMPEHIÄ?

Tempeh lausutaan TEM-pei ja se on suosittu indonesialainen fermentoitu ruoka, joka perustuu keitettyihin soijapapuihin, muihin palkokasveihin, siemeniin, viljoihin tai kookokseen, jota fermentoidaan *Rhizopus* -suvun homesienellä (yleensä *R. oligosporus* -kannalla). Tempehiä myydään kiinteinä noin 1.85 cm paksuina valkeina kakkuina joko tuoreeltaan, jäädytettynä tai pakastettuna, jolloin kakuista leikataan siivuja paistettavaksi rapeaksi ja kullan ruskeaksi proteiinilisukkeeksi. Maku ja koostumus, muistuttavat monien mielestä paistettua kanaa, vasikanlihakyljystä tai kalafiletä. Miellyttävä makeahkon tuoretta aromia on myös kuvailtu "pähkinäinseksi", "juuston kaltaiseksi,", "sienimäiseksi" tai "kuin tuoreeksi hiivaleiväksi".

Maku ja leikattava lihankaltainen koostumus syntyvät fermentoinnin aikana ja prosessi on samankaltainen kuin juustoja (homeet ja bakteeria), jogurtteja (maitohappobakteerit) tai leipää (hiiva) valmistettaessa. Täyteläisenä proteiinivalmisteena tempehistä on tullut vegetaristisen ravitsemuksen "proteiiniselkäranka" ja siitä voi tehdä hampurilaisia, salaatteja, täytettyjä sämpylöitä tai syödä omenasoseella höystettynä. Tempehin voi myös soseuttaa kermaisiksi kastikkeiksi, levitteeksi tai pizzan päällysteeksi. Rapeaksi paistetut siivut tai kuutiot sopivat niin salaatteihin kuin keittoihinkin, sekä monenlaisiin täytteisiin, puhumattakaan valkosipulinsekaisessa riisijauhossa kierittelyn jälkeen uppopaistamalla syntyvästä kulinaristisesta nautinnosta tai aurinkokuivatuista tempeh-lastuista uppopaistamalla syntyvistä sipseistä.

Tuore soijatempeh sisältää n. 19.5 prosenttia proteiinia, josta keho pystyy hyödyntämään kananlihaan tai pihviin verrattavissa olevan määrän. On yleinen harhaluullo, että eläinperäinen proteiini olisi jotenkin paremmin sulavaa kuin kasviproteiini. Fermentoinnin aikana homeet tuottavat entsyymejä, jotka esisulattavat soijaproteiinit ja öljyt helpommin kehoon imeytyvään muotoon. Lopputulos on ravitsemuksellisesti parempi kuin keitetyt soijapavut, eikä sen valmistuksessa tarvita ollenkaan suolaa. Toisin kuin tofu, tempeh sisältää soijapavun kokonaisuudessaan hyödyntäen siten paremmin sen ravinteita ja ravintokuituja,

Vaikka soijasta tuleekin erinomaista tempehiä, sitä voi myös valmistaa myös esim. maapähkinästä, hirssistä, riisistä ja soijasta, vehnästä ja soijasta tai soija-okarasta. Yli 30 tempeh-tyyppiä voidaan luokitella viiteen perusryhmään:

1. palkokasvitempehit, joita valmistetaan Indonesiassa mm. soijasta, velvet -, winged-, leucaena- ja mung-pavuista, sekä modernimmissä kehitelmissä lupiineista, vigna luteasta (cow pea), härkäpavusta ja kikherneistä.
2. vilja- tai siemen + soija tempehit, kuten vehnä-soija, tai riisi-soija -valmisteet.
3. viljatempehit voivat olla esim. riisistä, ohrasta, hirssistä, kaurasta, vehnästä tai rukiista.
4. puristekakku-tempehit, jotka muuttavat öljynpuristetähteet herkulliseksi ravinnoksi. Tätä voi valmistaa esim. kookksesta, maapähkinöistä, mungpavuista, soijasta tai näiden seoksista. Kookoksen puristetähteistä (tempé bongkrek) on huomautettava, että siihen saattaa kehittyä huolimattomasti toimittaessa vaarallisia myrkkyjä, joten tämä ei sovellu siksi kotiololoissa valmistettavaksi tai syötäväksi.
5. muiden kuin palkokasvien siemen- tai siemen-palkokasvitempehit, kuten kumipuun siemen- (Hevea brasiliensis) tai sesam-soijatempehit. Indonesiassa käytetään tempeh-seoksissa lisämässään myöskin mm. cassavaa (manioka), bataatteja ja raakaa papaijaa.

### Tempeh voidaan luokitella neljään kypsyyssasteeseen:

1. Esikypsä tempeh, joka on poistettu fermentoinnista 4-6 tuntia etuajassa, mutta jolla on jo suhteellisen kiinteä koostumus.
2. kypsä tempeh, joka on suosituin ja yleisin tyyppi.
3. hieman ylikypsä tempeh, joka käytetään 2-3 päivää kypsymisen jälkeen.
4. ylikypsä tempeh (tempé busuk), joka on muuttunut tuorejuustomaisen pehmeäksi ja aromaattiseksi.

Tempehin valmistus onnistuu varsin hyvin kotiololoissa ja itiöjuurta (starteria) on kaupallisesti saatavilla esim. internetin välityksellä. Kokonaiset soijapavut pestään, kuumennetaan kiehumispisteeseen ja liotetaan yön yli, minkä jälkeen pavut kuoritaan hieromalla kämmenten välissä. Kuorittuja papuja keitetään 45 minuuttia, minkä jälkeen ne kuivataan ja jäädytetään ruumiinlämpöiseksi ja sekoitetaan tempeh-starteriin, eli itiöjuureen. Seos pakataan vajaan kahden senttimetrin välein reijitettyihin muovipusseihin (tai banaaninlehtiä vastaaviin lehtiin) ja fermentoidaan n. 31 Celsiuksessa 22-26 tuntia, minkä jälkeen tempeh on valmista kypsennettäväksi ja tarjoiltavaksi. Hyvässä soijatempehissä pavut sitoutuvat tiiviisti kiinteään valkoisen sienirihmaston peittämäksi ja läpätunkemaksi kakuksi. Ylikypsän tempehin rihmasto muuttuu harmaaksi, mutta on edelleen syötävää ja Indonesiassa suosittuakin. Ylimääräisen tempehin voi säilyttää jääkaapissa (alle +4 celsiusta), jossa se säilyy tuoreena 3-5 vuorokautta. Uppopaistettu tempeh säilyy noin viikon. Pakastimessa tempeh säilyy useita kuukausia käyttökelpoisena, vaikkei vastaakaan aivan täysin tuoretta. Trooppisissa ilmastoissa tempeh säilyy huoneenlämmössä käyttökelpoisena 1-3 päivää ja viileämmässä ilmastoissa 2-5 päivää. Indonesiassa yleinen säilöntätapa on aurinkokuivaus, joka tosin saattaa tuhota valolle herkän B12-vitamiinin.

Tempehin kaupallinen tuotanto vaatii vain vähän teknologiaa, onnistuu hajasijoittuneesti, ei tarvitse välttämättä koneistusta, on työvoimavaltaista ja sen tuotantokustannukset ovat alhaiset. Lämmin trooppinen ilmasto sopii mainiosti tempehin tuotantoon, sillä sitä voidaan valmistaa ympärivuotisesti huoneen lämmössä ilman lämmitykseen tarvittavaa energiaa. Fermentointiaika on verrattaen lyhyt (24-48 tuntia) suhteessa moniin kuukausiakin fermentoitaviin ruokalajeihin. Lisäksi tempehin koostumus soveltuu käytännössä useimpiin keittiökulttuureihin korvaamaan lihankäyttöä. Fermentoitaessa tempeh voidaankin pakata makkaramaisesti päistään sidottuun reijitettyyn muovipötköön, jonka maksimipaksuus on noin 3.75 cm.

Tempeh kehittyi satoja vuosia sitten todennäköisesti Keski- tai Itäisellä Jaavalla, jossa kirjoitustaito on tunnettu jo muinaisista ajoista saakka. Varhaiset kiviin, lehtiin ja bambuun kirjoitetut malayin kieliset tekstit käsittelevät uskontoa, filosofiaa ja kulttuuria, ilman mainintoja ravinnosta tai ruuan valmistamisesta. Toistaiseksi ei ole löydetty yhtäkään tempehin varhaishistoriaa tai alkuperää valottavaa dokumenttia. Useimmat tempehin valmistajat sanovat sen olevan vähintään satoja vuosia, ellei vuosituhansia vanha tapa, mihin viittaa sekin että tempeh tunnetaan myös kaikkein syrjäisimmissäkin kylissä. Indonesialainen tohtori Sastroamijoyo on arvellut, että taito on saattanut kehittyä yli 2000 vuotta sitten. Hän viittaa kiinalaisten näihin aikoihin villillä *Aspergillus oryzae* -homeella itiötetystä kuorituista soijapavuista valmistamaan kojiin, jota käytettiin mm. soijakastikkeiden pohjana ja hän arvelee taidon siirtyessä Indonesiaan paikallisten makutottumusten tai ilmaston johtaneen siirtymiseen *Rhizopus* -homeiden käyttöön.

Läntiselle Jaavalle ja muille Indonesian saarille, sekä maailmalle tempehin valmistus levisi luultavasti vasta 1900-luvulla. Indonesia oli hollantilaisten siirtomaa 1600-luvun loppupuolelta alkaen ja ensimmäinen länsimainen tempehiä käsittelevä kirjoitus on H.C. Prinsen Geerligsin vuonna 1895 kirjoittama artikkeli "Einige Chinese Voedingsmiddelen Uit Soyabonen Bereid (Kiinalainen soijapavuista valmistettu ruoka)", joka sisälsi tutkimuksen tempehin ravintoarvosta ja tuotantotavoista. Laajenevan sokeriruokoteollisuuden sivutuotteita tutkiva Geerligs ja hänen kollegansa F.A.Went tutkivat tempehiä, tahia ja arkiä, sekä tunnistivat tempeh-homeen *Rhizopus oryzae*ksi. Vuonna 1913 K. Heyne julkaisi kattavan "De Nuttige Planten Van Indonesie (Indonesian käyttökelpoiset kasvit)", joka sisälsi runsaasti tietoa tempehistä. Vielä 1970-luvun lopulla 65 prosenttia Indonesian soijasadosta prosessoitiin tempehiksi ja tuotanto tapahtui kotikutoisena taiteena. Vuonna 1977 suurin osa 41 000:sta kaupasta, jotka tarjoavat päivittäin tuoretta tempehiä olivat perheyriyksiä, jotka työllistivät 128 000 työntekijää. Perinteinen valmistustapa eroaa jo aikaisemmin mainitusta siten, että esikypsennetyt soijapavut kuoritaan jalkojen alla bambukoreissa, fermentaation annetaan käynnistyä liotusvedessä, itiöjuurta kasvatetaan hibiscus-lehtiin käärityissä soijapavuuissa ja fermentointi tapahtuu banaaninlehtikääreessä tai modernimmin muovipusseissa. Myös fermentointiaika on yleensä 48 tuntia lämpötilan vaihdellessa 25:n ja 31:n Celsiuksen välillä.

Ensimmäinen englanninkielinen tempehiä käsittelevä kirja on J.H. Burkillin "A Dictionary of Economic Products of the Malay Peninsula", jossa on kuusi sivua tempehistä ja muista soijapapuruista. Toisen maailmansodan aikana USA lähetti soijapapuja ruoka-apuna Uuteen Guineaan tietämättä, että paikalliset pitivät keitettyjä soijapapuja ruuansulatuksellisista syistä ravinnoksi kelpaamattomina. Japanilaisten valloitettua Uuden Guinean, paikallinen tempehin valmistuskulttuuri oli romahtanut ja starterit hävinneet, joten Surinamin Paramaribon Maatalouden koeaseman johtaja, Gerald Stahel lähetti sekä tuoretta tempehiä, että itiöjuurta Uuteen Guineaan, jonka seurauksena tempehin valmistaminen alkoi jälleen yleistyä. Innostunut Stahel kirjoitti vuonna 1946 yksityiskohtaisen englanninkielisen artikkelin jaavalaisten naisten Surinamissa valmistamasta tempehistä. Indonesiassa vuonna 1933 sotavankina ollut van Veen ja Schafer julkaisivat vuonna 1950 tutkimuksen soijapapujen mikrobiologisista muutoksista fermentoinnin aikana, sekä papujen ravitsemuksellisesta arvosta. Myöskin japanilaisten vankileireillä tempehiä valmistanut Roelofsen tutki vapauduttuaan tempehin ravitsemuksellista arvoa, sillä ne sotavangit jotka eivät pystyneet syömään keitettyjä soijapapuja pysyivät hengissä tempehin avulla.

Tempehin tutkimus alkoi Pohjois-Amerikassa 1950-luvun lopulla. Vuonna 1965 Clifford W. Hesseltine ja Ko julkaisivat tutkimuksen, jossa *Rhizopus oryzae* tunnistettiin *Rhizopus oligosporus* -kseen. Hesseltine ja Martinelli myöskin keksivät tempehin fermentoinnin reijitetyissä muovipusseissa ja samainen Peorian tutkimusaseman porukka havaitsi vuonna 1966, että tempehiä voi valmistaa myös viljoista, sekä soijan ja viljojen seoksista. Tempehin suosio alkoi kasvaa vasta vuodesta 1975 alkaen samanaikaisesti kun kiinnostus luonnonmukaiseen ravintoon, halpaan lihattomaan tai vegetaristiseen ruokaan, ekologiaan, sekä yksinkertaiseen elämäntapaan alkoivat kasvaa. Vuoden 1971 Food Processing magazine julkaisi "Foods of Tomorrow" -sarjassaan tutkimuksen Tempehin erinomaisesta soveltuvuudesta amerikkalaiseen ravitsemukseen. Vuonna 1976 Organic Gardening and Farming -lehti alkoi innostua tempehistä ja lehden toimitus levitti lukijoilleen valmistus-ohjeita kyselyn ihmisten kokemuksista hyvällä menestyksellä. Vuonna 1977 Pohjois-Amerikkaan oli avattu ensimmäinen tempeh-myymälä ja innostus oli suurta, sillä tempehin uskottiin haastavan hampurilaisia tarjoavan roskaruokakulttuurin. Tennesseessä omavaraista 1700:n eekkerin The Farmia pyörittävä 1400:n ihmisen henkinen yhteisö julisti Mother Earth News -lehdessä vuonna 1977 valmistaneensa jo neljän vuoden ajan itse kasvattamistaan soijapavujaista tempehiä, joka nautti suurta suosiota maistuen erinomaisesti myöskin yhteisön lapsille. YK järjesti marraskuussa 1977 Bangkokissa viidennen "Global Impacts of Applied Microbiology" -konferenssin yhteydessä "International Symposium on Indigenous Fermented Foods (SIFF)" -tapahtuman, johon osallistui yli 450 huippututkijaa ympäri maailman ja tässä yhteydessä tempeh sai kaikkein eniten kansainvälistä huomiota.

## 2. JOITAKIN TILASTOJA SIITÄ MITÄ 100 GRAMMAA TEMPEHIÄ SISÄLTÄÄ:

Tuore soijatempeh (tépé kedelé/kedelai): 157 kaloria, 19.5 % proteiinia, 7,5 % rasvaa, 9.9 % hiilihydraatteja, 1.4 %, josta kuitua 1.3 % mineraaleja, 142 mg kalsiumia, 240 mg fosforia, 5 mg rautaa, 0.28 mg B1-vitamiinia, 0.65 mg B2-vitamiinia ja 2.54 mg B3-vitamiinia. (lähde keskiarvo Indonesian Tables of Food Composition, Hermana (1972) ja Jakartan alueelta koottujen näytteiden julkistamaton tutkimus.)

Aurinkokuivattu soijatempeh: 43,1 % proteiinia, 18 % rasvaa, 26.2 % hiilihydraatteja, josta 2.8 % kuitua ja 3.8 % mineraaleja (lähde: Murata, 1967)

Uppopaistettu soijatempeh: 23 % proteiinia, 18 % rasvaa, 8 % hiilihydraatteja, josta 2 % kuitua, 1 % mineraaleja. (lähde: Amara, 1976)

Tuore okara-tempeh: 4 % proteiinia, 2.1 % rasvaa, 8.4 % hiilihydraatteja, 3.9 % kuituja, 0.7 % mineraaleja, 226 mg kalsiumia, 1.4 mg rautaa, 0.1 mg B1-vitamiineja. (lähde: Gandjar, 1977)

Tuore kookospuristekäite-tempeh: 119 kaloria, 4,4 % proteiinia, 3.5 % rasvaa, 18.3 % hiilihydraatteja, josta 2.4 % kuituja, 13 % mineraaleja, 27 mg kalsiumia, 100 mg fosforia, 2.6 mg rautaa, 0.08 mg B1-vitamiinia. (lähde: Indonesian Tables of Food Composition, 1967)

Maapähkinän puristekäite-tempeh: 187 kaloria, 13 % proteiinia, 6 % rasvaa, 22.7 % hiilihydraatteja, josta 2.9 % kuitua, 1.4 % mineraaleja, 96 mg kalsiumia, 115 mg fosforia, 27 mg rautaa, 0.09 % B1-vitamiinia. (lähde: Indonesian Tables of Food Composition, 1967)

Tuore siipipapu-tempeh (*Psophocarpus tetragonolobus*, eli "winged bean"): 212 kaloria, 16 % proteiinia, 9 % rasvaa, 15,4 % hiilihydraatteja, josta 1.9 % kuitua, 1,4 % mineraaleja, 186 mg kalsiumia, 177 mg fosforia, 2.2 mg rautaa, 0,2 mg B1-vitamiinia. (lähde: Gandjar, 1977) (HUOM! Parsaherne, eli *Lotus tetragonolobus* on eri kasvi !!!)

Tuore velvet-bean tempeh (*Mucuna puriens*): 141 kaloria, 10,2 % proteiinia, 1.3 % rasvaa, 23.2 % hiilihydraatteja, josta 3 % kuitua, 1.3 % mineraaleja, josta 42 mg kalsiumia, 15 mg fosforia, 2,6 mg rautaa ja 0.09 mg B1-vitamiinia (lähde: Indonesian Tables of Food Composition, 1967)

Tuore Leucaena-tempeh: 142 kaloria, 11 % proteiinia, 2.5 % rasvaa. 20.4 % hiilihydraatteja, josta 2.6 % kuitua, 2,1 % mineraaleja, 42 mg kalsiumia, 15 mg fosforia, 2.6 mg rautaa, 0,19 mg B1-vitamiinia. (lähde: Indonesian Tables of Food Composition, 1967)

Yleisesti proteiinien imeytyvyyden suhdetta ruumiilliseen kasvuun koskevat tilastot perustuvat esim. rotilla tehtyihin ruokintakokeisiin. 1970-luvulla Scrimshaw ja Young tekivät sarjan kokeita, jotka osoittivat että ihmisten tapauksessa tempehin käyttökelpoisuus oli parempi kuin rotilla tehdyt kokeet antoivat ymmärtää ja he totesivat että "tempeh voi korvata ravitsemuksellisesti pihvin yleisissä ravitsemusohjeissa."

Tempeh sisältää runsaasti lysiniä, mutta rajoittavana aminohappona on metioniini-kystiini -pari. Yhdistämällä vastakkaisia ominaisuuksia, kuten vähän lysiniä ja runsaasti metioniini-kystiini paria sisältäviä viljoja (esim. riisiä) soijaan saadaan aikaan täysipainoinen ravitsemus. Yhdistelmä on havaittavissa perinteisissä kulttuureissa: Indonesiassa syödään yleisesti tempehiä riisin kera ; Japanissa, Kiinassa ja Koreassa syödään tofua riisin kera ; Pohjois-Amerikan intiaanit söivät maissia ja papuja ; Latalalaisessa Amerikassa syötiin tortillat frijolen (*Phaseolus* -suvun papujen) kanssa, Lähi-idässä syötiin kikherneitä bulgurin kera ja intialaiset syöivät chapatinsa tai riisinsä linsseillä höystettynä. Yhdistämällä 50 grammaa soijatempehiä kolmeen desilitraan kypsentämätöntä ruskeaa riisiä, saadaan 32:n prosentin lisäys proteiinin imeytyvyyteen verrattuna siihen, että soijatempeh ja riisi syötäisiin erillisillä aterioilla. Myöskin vehnä-soija -tempehin proteiinin ravitsemuksellinen laatu on vastaavasti parempi kuin pelkän soijatempehin.

Vuonna 1972 Liem, Steinkraus ja Cronk Cornell Yliopiston New Yorkin Maatalouden koeasemalta ilmoittivat tempehin olevan ensimmäinen kasvisruoka, jonka on osoitettu sisältävän ravitsemuksellisesti merkittäviä määriä B12-vitamiinia. He löysivät Pohjois-Amerikassa myydyistä tempeheistä 1.5 - 6.3 mikrogrammaa B12-vitamiinia sataa grammaa tempehiä kohden. Tämä selittyi ilmasta siirtyvien bakteerien avulla. Eisenhower Collegen biologian professori Paul Curtis tunnisti B12-vitamiinin lähteeksi Klebsiella -bakteerin, jonka lisäys tempeh-itiöjuureen saattoi nostaa lopputuotteen B12-tason 14.8 mikrogrammaan 100:aa grammaa tempehiä kohden, jolloin tyypillinen ruoka-annos tuotti saantisuosituksiin nähden viisinkertaisen määrän B12-vitamiinia. Puhtaasti viljellyssä *Rhizopus* -kasvustossa ei B12-vitamiinia juurikaan muodostu, jolloin tempehissä on enimmilläänkin vain 0.047 mikrogrammaa B12-vitamiinia.

*Rhizopus* -home tuottaa myös fytaasi-entsyymiä, joka hajottaa soijapavuisissa esiintyvät sinkkiä, rautaa ja kalsiumia sitovat fytaatit ja näin myöskin mineraalien imeytyvyys paranee.

Vuonna 1972 Wang et al havaitsivat tempehin sisältävän lämpöä kestäviä antibakteerisia yhdisteitä, jotka toimivat antibioottisesti joitakin taudinaiheuttajia vastaan. Tempehin antibakteeriset yhdisteet estävät gram-positiivisten bakteerien kasvua, joihin kuuluu mm. *Staphylococcus aureus*. Toisen maailmansodan aikaan sotavangit, jotka eivät kyenneet sulattamaan soijapapuja huomasivat pystyvänsä syömään tempehiä, joka jopa paransi heidän ruuansulatuksensa veristä ripulia aiheuttavasta punataudista. Indonesianlaiset eivät myöskään yleensä sairasta punatautia, vaikka he sille muuten jatkuvasti altistuvatkin. Tämän lisäksi tempehin antibioottisilla yhdisteillä saattaa olla myös kasvua edistäviä ominaisuuksia.

Yhtäkään tempehiin liittyvää ruokamyrkytystä ei ole tähän päivään mennessä todettu yhdessäkään soija-, vilja- tai soijaviljatempehissä. Ainoastaan kookoksen ja maapähkinän öljynpuristetekakuista valmistetuista tempeheistä on löydetty sienimyrkkyjä. Mikäli kookospuristekakkua ei kuljeteta ja säilytetä asiallisesti, mikäli sitä ei itiöitetä tempeh-itiöjuurella 18 tunnin kuluessa sen tuotannosta, mikäli lämpötila fermentoinnin aikana nousee 40 Celsiukseen tai mikäli ilmankosteus ja pH ovat korkeita ja/tai valmistusprosessi on muuten huolimaton - saattaa patogeeninen *Pseudomonas cocovenenans* -bakteeri kehittää kahta tappavaa myrkkyä: keltaista toxoflaviinia (van Veen and Mertens, 1934) ja väritöntä bongkrek happoa. Jälkimmäinen järkyttää ihmisen glykogeeni-aineenvaihduntaa, aiheuttaen hypoglysemiaa ja kuoleman neljän tunnin sisällä kulutuksesta.

Vuosien 1951 ja 1976 välillä Keski-Jaavalla rekisteröitiin 7216 myrkytystapausta, joista 860 päätyi kuolemaan. Perinteisesti kookospuristetakuista valmistettiin tempehiä Yogyakarta'n länsipuolella Banyumasissa, jossa kookospalmuja kasvaa runsain määrin. Heti puristuksen jälkeen tuoreena valmistettuna tämäkin versio on turvallinen, sillä Rhizopus-home estää Pseudomonasin kasvua.

### 3. ERILAISIA RAAKA-AINEITA

Muista kasveista kuin soijasta valmistettua tempehiä kutsutaan nimellä kara tai kara-kara ja näitä valmistetaan keski- ja itä-Jaavalla. Riittävän kookkaita siemeniä tuottavat palkokasvit, joissa on vähän tärkkelystä ja paljon proteiinia tuottavat parasta tempehiä. Mungpavut, Adukipavut ja linssit eivät tuota leikattavaa kakkua, vaan muuskaantuvat kypsennettäessä. Suurempia tärkkelyspitoisia papuja, kuten härkäpapuja voidaan estää muuskaantumasta rikkomalla tärkkelys keittämällä papuja 0.1 prosenttiossa kalsiumkloridiliuoksessa. Keittoaika on karkeasti viidesosa suoraan syötäväksi valmistettaessa tarvittavasta keittoajasta.

"Velvet Bean-tempeh" (tempe (koro) benguk) on Indonesian toiseksi suosituin tempeh ja sitä valmistetaan *Mucuna puriens* -köynnöksen suurikokoisista ja litteistä siemenistä, jotka sisältävät 28.7 prosenttia proteiinia ja runsaasti metioniinia. Kasvi kasvaa sekä villinä, että puoliviljeltynä. Keittämisen jälkeen siemenet kuoritaan ja niitä liotetaan 22 tuntia joko virtaavassa tai usein vaihdettavassa vedessä, jotta mahdolliset myrkyt lähtevät pois, minkä jälkeen ne paloitellaan ja höyrytetään 30 minuuttia ennen itiöitystä ja banaaninlehdissä kypsytystä. Hollantilaiset ovat dokumentoineet tämän valmistusta Jaavalla vuonna 1902. Kasvi on siitä erinomainen, että se menestyy köyhässäkin maaperässä ilman kastelua.

"Winged Bean-tempehin" (tempe kecipir) raaka-aine, eli *Psophocarpus tetragonolobus* on mahdollisesti Papua Uudesta Guineasta peräisin oleva köynnös, jota kasvatetaan takapihoilla kautta Kaakkois-Aasian. Kasvi oli suhteellisen tuntematon tiedeyhteisölle vuoteen 1975 saakka, jolloin julkaistiin kasvin erinomaisuutta hehkuttava vihkonen "The Winged Bean: A high protein Crop for the Tropics". Lähestulkoon kaikki kasvin osat ovat syötäviä, mukaanlukien nuoret palot, lehdet, versot, tuoreet siemenet, täysikasvuiset juuret ja kuivatut siemenet. Siementen proteiinipitoisuus on 32-38 % ja ne sisältävät jopa soijaakin enemmän lysiniä. Kuten useimmilla palkokasveilla, sen rajoittava aminohappo on rikkipitoinen metioniini-kystiini-ryhmä. Siemenet ovat soijapapujen näköisiä ja kokoisia, sekä väriltään violetin ruskeita tai vaalean keltaisen ruskeita. Siemenissä on 15-20 prosenttia ravintoöljyä, josta on 70 prosenttia tyydyttymättömiä rasvahappoja. Öljyssä on myös paljon tokoferoleita, eli A-vitamiinin imeytymistä edistäviä antioksidantteja. Kasvin satotaso on myöskin runsas, eritoten kosteassa trooppisessa, jossa soijapavut tuottavat suhteellisen huonon sadon. Köynnöksenä kasvi soveltuu tuettuna kerrokselliseen viljelyyn ja eekkeriltä (0.4 hehtaaria) on mahdollista saada 2205 kg kuivia papuja, 4050--5850 kg indonesialaisten suosimia vihreitä palkoja tai 4950 kg juuria kunkin kasvukauden aikana. Kasvin juurissa on myöskin 20 prosenttia proteiinia, mikä on kymmenkertainen määrä verrattuna cassavaan, jamssiin, bataattiin tai taroon. Metioniini-kystiini paria siinä ei tosin juurikaan ole, joten sitä täytyy saada samalle aterialle jostakin muualta. Juuren koostumus on perunan tavoin kiinteän kuiduton ja maultaan hieman pähkinäinen. Soijaan verrattuna tämä kasvi sitoo nelinkertaisen määrän ilmakehän tyyppiä maaperään, eikä tarvitse bakteeriymppejä, soveltuen erinomaisesti huonokuntoisillekin maille. Köynnöstävästä kasvutavastaan ja palkojen kypsymisestä eri tahtiin johtuen kasvi ei kuitenkaan sovellu koneelliseen korjuuseen ja on siksi jäänyt varjoon länsimaisesta maatalousperspektiivistä. Kova siemenkuori ei huoneen lämmössä liotettuna imaise juurikaan vettä, joten siemen liotetaan kuumassa vedessä. Koska siemenkuori on myöskin suhteellisen raskas, se ei kuorittaessa kellu yhtä helposti kuin soijan kuori ja on siten hieman hankalampi. Mikäli keitinveteen laitetaan ripaus ruokasoodaa niin pavut pehmiävät helpommin ja valmiin tempehin vieno katkera aromi peittyi kastamalla se suolaveteen ennen uppoamista.

Leucaena Tempeh (tempe lamtoro/mlandingan) valmistetaan Leucaena leucocephalan (petë china, lepili, wild tamarind, ihmepuu) siemenistä. Kyseessä on akaasian kaltainen puuvartinen palkokasvi, jolla on höyhenmäinen lehvästö. Se on peräisin Keski-Amerikasta ja kasvaa runsaana Meksikon rannoilla, josta se on levinnyt laajalti tropiikkiin ja subtropiikkiin. Kasvista on käytetty lehtiä proteiinipitoisena karjanrehuna, lannoitteena ja katteena, puuainesta polttopuuna ja paperin raaka-aineena. Nopeasti kasvavana se soveltuu eroosion torjuntaan ja pärjää jyrkissäkin rinteissä ja kuivissa ilmastoissa. Indonesiassa ja Keski-Amerikassa syödään nuoria lehtiä ja nuoria palkoja raakana tai keitettynä. Kypsiä siemeniä paahdetaan ja nuoret siemenet poksahtavat paahdettaessa kuin pop-corn. 1970-luvulla kuitenkin havaittiin, että kasvin lehdet ja siemenet sisältävät mimosiini-nimistä myrkyä, joka ei ole vaarallinen märehtijöille, mutta aiheuttaa muille mm. hiustenlähtöä jos siitä koostuu yli 10 % ravinnosta. Ilmiötä ei kuitenkaan ole havaittavissa sitä runsaasti syövien ihmisten keskuudessa, mikä osiltaan voi selittyä sillä että kasvi on niin pieni osa ravitsemuksesta tai sitten metalliset kattilat saattavat tehdä mimosiinin myrkyttömäksi. Indonesianlaiset ovat kuitenkin ryhtyneet jalostamaan mimosiinittomia lajikkeita.

Vaikka maapähkinät ovatkin hankalia kuoria, se kannattaa! Raakoja pähkinöitä liotetaan ensimmäisen keittämisen jälkeen 12 - 16 tuntia, minkä jälkeen ne kuoritaan, paloitellaan ja höyrytetään kankaaseen käärittynä 10 minuuttia. Höyrytettyihin maapähkinöihin lisätään pari kupillista kiehuvaa vettä ja etikkaa, kuivataan hyvin ja fermentoidaan kuten soijatempeh. Tarjoillaan ohuina leikkeinä. Läntisellä jaavalla valmistetaan ja kulutetaan paljon black onchomia, eli maapähkinäöljyn tuotannon sivutuotteena syntyvistä puristekakuista tehtyä tempehiä. Itäisellä Jaavalla tämä tunnetaan nimellä "tempe bunkil kacang" Tempehin väri on tumman ruskea. Maapähkinää kuvaava "kacang tanah" tarkoittaa maan palkokasvia. Bunkil tarkoittaa puristekakkua. Tästä tempeh-tyypistä löytyy yleisesti mm. candida-hiivoja, kuten C. parapsilosisia ja C. mesentericaa. Vaikka maapähkinän puristekakusta tuleekin vielä kohtuullisen ravitsevaa tempehiä, siihen saattaa yli 1-2 vuorokautta puristamisen jälkeen valmistettaessa kasvaa Aspergillus flavus-hometta, joka tuottaa myrkyllisiä alfatoksiineja. Rhizopus -itiöityksellä estää Aspergillusin kasvua jopa 31:llä prosentilla, mutta itiöityksen tapahduttua useita vuorokausia öljyn puristuksen jälkeen lopputuloksessa saattaa olla liian korkeita myrkkypitoisuuksia, jolloin säännöllinen kulutus voi vuosien varrella aiheuttaa maksasyöpää. Mikäli tempeh kuitenkin valmistetaan tuoreesta puristekakusta asianmukaisella tarkkuudella ja käsitellään huolella koko matkan ruokapöytään, ei kontaminaatoriskiä ole, tai se on vähäinen.

Kikherneistä valmistettaessa fermentointiaika on hieman pidempi kuin valmistettaessa soijasta.

Vihreistä pavuista valmistettu tempeh (tempe kacang merah) valmistetaan punertavasiemenisistä pitkistä vihreistä pavuista, jotka kuuluvat pensas- ja vahapapujen tavoin Phaseolus vulgaris -lajiin. Myös kidneypavut (ruusupavut), salkopavut, mustasilmäpavut tai mustapavut soveltuvat mainiosti tempehin valmistukseen. Prosessi käy muutoin samoin kuin soijapavuilla, mutta kuorinnan jälkeen näitä keitetään vain 10 minuuttia tai kidneypapujen kohdalla 5 minuuttia. Erinomaista oppaistettuna!

Härkäpaputempehiä (tempe kacang babi) liotetaan ensikuumentamisen jälkeen 18 tuntia huoneenlämmössä, kuoritaan käsin ja keitetään 10 minuuttia 0.1 prosenttisessa kalsiumkloridiliuoksessa. Fermentointi mieluiten Rhizopus arrhizus -homeella 31 Celsiuksessa 24-30 tuntia. Siemen sisältää 25 prosenttia proteiinia ja on erityisen suosittu välimeren alueella. Djurtoft ja Jensen (1977) havaitsivat että vaikka siemen onkin hankala kuoria, siitä tulee hyvää tempehiä kymmenen minuutin keittämisen jälkeen yhdistettyä kahteen osaan vehnää. Afrikkalainen paneeli piti tätä hyvänä curry-kastikkeella maustettuna. Robinson ja Kao (1974) havaitsivat ilmeisesti härkäpavun glykosidien aiheuttavan joko siitepölynä tai papuina favismi nimistä allergiaa, jota esiintyy useimmiten alle neljävuotiailla lapsilla.

Mustasilmäpavuille käy myös Rhizopus oryzae -home.

Lupiinitepehiä valmistetaan kuten soijatepehiäkin 1940-luvulla jalostetusta kapealehtisestä ja valkokukkaisesta makealupiinista (*Lupinus angustifolius*), jolla on pemeämmät siemenet ja vähäisempi alkaloidipitoisuus kuin perinteisissä lajikkeissa. Lupiinissa on mitättömiä määriä metioniinia, mutta sen kystiini- ja lysiinipitoisuudet ovat korkeita. Makupaneeli on arvioinut lupiinitepehin vähintään yhtä hyväksi kuin soijatepehin. Yhdeksän kuukautta kestäneet fysiologiset ihmiskokeet tulivat siihen tulokseen, että se on täysin turvallinen ja ravinteikasta ruokaa. Tämä on herättänyt kiinnostusta eritoten Australiassa ja huomio on kiinnittynyt myöskin Perun ja Ecuadorin alueella kasvavaan Andien *Lupinus mutabilis*iin, jonka siemenistä 46 % on proteiinia, 14 % hyvälaatuista öljyä ja se pystyy kasvamaan korkealla vuoristossa alhaisissa lämpötiloissa tuottaen silti soijaan verrattavia satoja. Ainoana miinuksena pidetään korkeaa saponiinipitoisuutta, jota pitäisi tutkia tarkemmin.

Valmistettaessa tepehiä viljojen ja papujen yhdistelmästä, tulee käyttää itiöjuurta, eli starteria jossa on vähäinen hiilihydraatteja pilkkovien amylaasientsyymien aktiviteetti. Tällaisia ovat esim. *Rhizopus oligosporus*in kanta NRRL 2710. Vuonna 1965 Hesseltine havaitsi että vahvoja amylaasientsyymejä sisältävät kannat hajottavat viljojen tärkkelyksen sokereiksi, jotka muuttuvat fermentoinnin aikana orgaanisiksi hapoiksi jotka puolestaan antavat tepehille epämiellyttävän aromin.

Hirssi-soijatepehiä valmistettaessa liottamaton hirssi lisätään kuorittuihin papuihin 33:n minuutin keittämisen jälkeen ja annetaan näiden kiehua yhdessä 12 minuuttia. Jatko kuten soijatepehissä, mutta sopiva kypsymisaika on 22 tuntia.

Bulgur- tai couscous-soijatepehissä vilja lisätään 40:n minuutin keittämisen jälkeen ja annetaan näiden kiehua yhdessä 5 minuuttia.

Kaura-soijatepehissä rikotut kaurasuurimot lisätään liottamattomina, mutta pestyinä ja kuivattuina keittyviin papuihin 35:n minuutin keittämisen jälkeen ja annetaan kiehua yhdessä 10 minuuttia. Sopiva kypsymisaika on noin 30 tuntia.

Djurtoft ja Jensen raportoivat vuonna 1977, että yhdistämällä yksi osa härkäpapuja kahteen osaan vehnää syntyi erittäin hyvälaatuista soijatepehiin verrattavissa olevaa proteiinia, mutta maku oli hieman hiivaisen hapan ja siemenet kovettuivat liiaksi paistettaessa.

Hirssitepehiä valmistetaan pesemällä puoli litraa hirssiä, joka lisätään noin kahteen tai kahteen ja puoleen litraan vettä, jossa on ruokalusikallinen etikkaa. Kuumennetaan kiehumispisteeseen ja annetaan hautua 12 minuuttia. Kuivataan hyvin valuttamalla ja hieromalla pyyhkeeseen. Kun jyvät ovat jäähtyneet ruumiin lämpöiseksi, sekoitetaan 1 teelusikallinen itiöjuurta ja pakataan 1.25 senttimetriä paksuiksi kakuiksi reijitettyihin pusseihin. Jyvät voi olla syytä murskata. Kypsytetään 30-31:ssa Celsiuksessa 22 tuntia. Aramaki (1978) raportoi hirssitepehin saaneen makuraadilta soijatepehiä paremman arvion koostumuksensa, makunsa ja värinsä suhteen.

Ohratepehiä valmistetaan liottamalla kaksi kupillista kuorittuja ohrasuurimoita yön yli ja kuivaamalla ne, minkä jälkeen lisätään etikaveteen kuten hirssitepehissäkin, mutta annetaan kiehumispisteen jälkeen hautua 15 minuuttia.

Kauratepehiä valmistetaan kuorituista kaurasuurimoista, antaen hautua 10 minuuttia ja kypsytetään 30 Celsiuksessa 36 tuntia.

Tattaritepehiä valmistetaan kuten hirssitepehiä, käyttäen kuorittuja tattarisuurimoita yön yli liotettuna ja kuivattuna. Haudutusaika on 15 minuuttia.

Ruistephehiä valmistetaan murskatusta rukiista tai suurimoista 12:n minuutin haudutusajalla.

Vehnätempehiä valmistetaan kahdesta kupillisesta rikotusta ja mielellään paahdetusta vehnästä, jota haudutetaan tai höyrytetään 20 minuuttia, sekoittaen silloin tällöin. Fermentointiaika voi olla jopa 43 tuntia, vaikkakin se on valmista syötäväksi jo 20 tunnin kuluttua. Paistaminen voi tehdä siemenistä melko kovia, eikä ohuiden leikkeleiden valmistaminen ole välttämättä kovin helppoa, jolloin on ehkäpä hyvä idea tehdä kakuista valmiiksi riittävän ohuita paistettavaksi. Ennen itiöitystä rikotut ja paahdetut vehnänjyvät tuottavat rakenteeltaan paremmin leikattavaa tempehiä ja makukin muuttuu paistettaessa popcornmaisesta lihaisaksi.

Maissista ei voi tehdä tempehiä, koska se on liian hankala kuoria. Durrasta on raportoitu sekä onnistumisia että epäonnistumisia. Viljatempehien koostumusta voi kiinteyttää lisäämällä hieman okaraa tai murskattuja soijapapuja.

Okaratempehiä valmistetaan tuoreesta okarasta ilman lisäkeitämistä, jolloin siinä olevat trypsiini-inhibiittorit inaktivoidaan uppopaistamalla. Kaksi ja puoli kupillista tuoretta okaraa levitetään steriilille levyille ja sekoitetaan siihen 1 ja puoli teelusikallista etikkaa, minkä jälkeen annetaan viilentyä ruumiin lämpöiseksi. Lisätään puoli teelusikallista itiöjuurta ja jatketaan kuten soijatempehin kanssa kypsytetään 31 Celsiuksessa 24-30 tuntia. Tämän koostumus muistuttaa fileerattua kalaa tai ranskanperunoita.

Tempehin valmistus muista öljynpuristuksen sivutuotteena syntyvistä puristekakuista onnistuu kotiololoissa maapähkinöistä, mungpavuista, kapokin siemenistä tai puuvillan siemenistä.

Tavallisesti kookosöljyä valmistetaan halkaisemalla kookospähkinä kahtia ja kuivattamalla näitä ulkoilmassa halkaisupinta aurinkoon päin kolme päivää, minkä jälkeen sisus kaavitaan ulos ja aurinkokuivataan edelleen viisi päivää, kunnes kosteusprosentti putoaa viiteen öljyprosentin noustessa 67:ään. Tämä kuivattu kookosliha, eli copra puristetaan kookospuristimella öljyksi, jota käytetään mm. ruuanlaitossa, margariinin valmistuksessa, saippuoissa tai hiustenhoitotuotteissa. Sivutuotteena syntyvää puristekakua (bungkil kelapa) höyrytetään 30-60 minuuttia ilman esiliotusta, minkä jälkeen se itiöitetään *Rhizopus*-homeella, kääritään 25 gramman satseina banaanin lehtiin, kypsytetään ja myydään "tempeh bongkrekkinä" lehtikääreessään, kuten soijatempehiäkin. *Pseudomonas*-bakteereilla saastunut satsi on kohtuullisen helppo tunnistaa, sillä mikäli kaksi vuorokautta kypsytetty kakku rikotaan kahtia ja sen sisällä on havaittavissa edes häivähdyksellistä värähdystä, se on mahdollisesti tappavan myrkyllinen. Ulkopinnasta eroa ei voi huomata. Keltainen väri syntyy *Pseudomonasin* hajottaessa kookosöljyn glyseridejä glyseroliksi ja erilaisiksi rasvahapoiksi. Glyserolin jäämät puolestaan aiheuttavat toxoflaviinin kellertymisen, vaikkakin rasvahappojäämät (eritoten oleiinihappo) voivat tuottaa siltikin väritystä bongkrek-happoa. *Arbianto* raportoi vuonna 1971, että joillakin valmistajilla oli tapana lisätä fermentoitavaan massaansa "cilicingin", eli *Oxalis sepium* var. *picta*n murskattuja lehtiä, joiden oksaalihappo alensi pH:n 5.5:een estäen siten bongkrek-hapon muodostumista häiritsemättä homeen kasvua. Myös tärkkelyksen lisäys massaansa saattaa estää myrkköjen muodostumista. Rusmin ja Ko tekivät vuonna 1974 kokeita, joiden perusteella he väittivät, että *Rhizopus*-homeet ovat siinä määrin kestäviä, että mikäli haitalliset bakteerit eivät ole etukäteen hyvissä asemissa, ne eivät pärjää *Rhizopus*ukselle. Vuonna 1977 Ko et al. raportoivat että 1.5-2 prosenttia natriumkloridia (ruokasuola) estää täysin värittömän bongkrek hapon muodostumisen. Edes fermentoimattoman kookospuristekakun tahallinen saastuttaminen 10 000 - 10 miljoonalla *Pseudomonas cocovenenans* -solulla ei tuottanut suolattuun massaansa määritettävissä olevia määriä bongkrek-happoa. Mikäli kontaminaatiota ei tapahdu, myös 0,5 % suolaa toimii mainiosti. Ko huomasi myös, että ilman suolaa kahden vuorokauden kuluttua kontaminoituneesta valmistuksesta bongkrek-hapon määrä alkaa vähentyä ja on kymmenen vuorokauden kuluttua jälleen nolla.

Tempehissä voidaan käyttää myös erilaisia jatkoaineita, kuten maniokaa, eli kassavaa, jonka 12 kuukautta vanhat juuret pestään, kuoritaan, jauhetaan ja siivilöidään kankaan läpi tynnyriin, jonka pohjalle valuva neste sisältää tapioka-tärkkelystä, joka kovettuu parin vuorokauden kuluessa savenkaltaiseksi kakuksi. Kakun päälle jäänyt neste imaistaan pois, minkä jälkeen kakku kuivataan auringossa ja jauhetaan tapiokajauhoksi. Sivutuotteena jäänyt puristekakku levitetään tarjottimille ja aurinkokuivataan myytäväksi tempehin jatkeeksi. Keski-Jaavalla on myöskin tapana aurinkokuivata kokonaisia maniokan juuria, jotka paloitellaan, keitetään ja sekoitetaan soijapapuihin juuri ennen itiöittämistä. Näin syntyvä tempeh on hieman hapanta. Itäisellä Jaavalla kassavaa käytetään muutoin samoin, mutta tuoreeltaan.

Muussattua bataattia voidaan ilmeisesti lisätä tempehiin n. 10 % massasta, mutta tieto saattaa olla ymmärretty väärin ja tarkoittaakin kassavaa. Itäisellä Jaavalla raaka papaya paloitellaan, keitetään ja käytetään jatkeena soijatempehissä. Myös puun pehmyt latva voidaan kuorittuna käyttää samoin. Papayassa on papaiini-entsyymiä, jota käytetään yleisesti helpottamaan lihan sulattamista ja näinollen siitä saattaa olla apua myös tempehin proteiinien pilkkomisessa.

Ehkäpä jonakin päivänä tempehin itiöjuurta saa kaupoista yhtä yleisesti kuin leivontahiivaakin. Sen valmistaminen käy kuitenkin kotiolosuhteissa yhtä helposti kuin tempehinkin valmistaminen. Tällöin on tärkeää käyttää puhtaita (= steriilejä) astioita kontaminaation minimoinniksi. Onneksi Rhizopus-homeet ovat siinä määrin kestäviä että ne pyrkivät häätämään ja dominoimaan muita ei-toivottuja pieneliöitä. Kypsytyslämpötila pidetään 30-32 Celsiuksessa, joista jälkimmäinen tuottaa eniten itiöitä. Yleensä kypsytyisaika on kolmesta viiteen päivään. Itiöjuuri on parhaimmillaan heti valmistamisen jälkeen ja se menettää eniten tehoaan ensimmäisen varastointikuukauden aikana. Rusmin ja Ko havaitsivat vuonna 1974 matalassa lämpötilassa ja kuivassa paikassa säilytetyn itiöjuuren itävyyden tippuvan 35 % ensimmäisen kuuden viikon aikana, minkä jälkeen itävyys pysyy samana yli vuoden. He myös huomasivat, että troopisessakin ilmastossa itiöjuuri säilyi huoneen lämmössä (n. 25 Celsiusta) kutakuinkin 12 - 14 viikkoa, mikäli kosteusprosentti onnistuttiin pitämään lähellä nolaa. Jääkaapissa itiöjuuri säilyy parhaiten kuminauhalla sidottuna muovikääreeseen pakattuna ja silica-geelin tai kalsiumkloridin kanssa toiseen kuminauhalla suljettuun muovikääreeseen pakattuna kannelliseen lasipurkkiin pakattuna. 5-10 Celsiusta on ideaali säilytyslämpötila. Pakastaminen ei ole hyvä tapa säilyttää itiöjuurta.

Heikentyntäkin itiöjuurta voidaan käyttää, mikäli kypsytyisaikaa pidennetään tai itiöjuuren määrää lisätään.

## 4. INDONESIAALAINEN TEMPEH-STARTER, ELI ITIÖJUURI

Yleensä indonesialaiset valmistavat itiöjuurta viikottain puodeissaan, jolloin kustakin satsista otetaan setti seuraavaa satsia varten. Puiden lehtien ja jokiveden kaltaisten luonnonmateriaalien käytöstä johtuen itiöjuuret koostuvat sekalaisista kasvustoista, jotka kaikesta huolimatta ovat toimineet hyvin eikä kontaminaatiota haitallisista pieneliöistä juurikaan tapahdu. Seuraavat menetelmät ovat vuosisatojen saatossa kehittyneitä perinnetietoa:

1. Hibiscuksenlehti-menetelmä: Tempehin valmistuksen yhteydessä itiöitettyt soijapavut kääritään hibiscuksen lehtiin ja kypsytetään kunnes homeet kypsyttävät itiönsä. Joillakin alueilla käytetään myös tiikki-puun lehtiä. Lopputuote tunnetaan nimillä laru, waru tai läntisen Jaavan tapauksessa usar. Arviolta 80 % kaikista indonesialaisista itiöjuurista valmistetaan tällä tavoin. Hibiscus tiliaceus on yleinen puu Jaavalla ja sitä kutsutaan rahvaan kielessä nimellä waru puteh. Vihreät lehdet otetaan 15-30 jalkaa korkeista puista, ja niiden erityisominaisuus on lehden alapinnalla kasvavat hiusmaiset karvat (trichomes), joihin homerihmasto ja itiöt tarttuvat. Myös tiikin (Tectona grandis), eli jatin lehdissä on vastaavia karvoja.

Lehtien ulkopinta suojaa lehtien väliin käärittyjä soijapapuja myöskin ulkoisilta homeilta. Hibisuksen herttamaisille lehdille ripotellaan n. 40 soijapapua tai pavun puolikasta, jotka on itiöitetty valmiiksi ja toinen lehti asetetaan päälle kanneksi. Tällaisia tehdään 50-60 kpl ja asetetaan puiselle tai bambusta lohkotulle tarjottimelle 4-6:n lehtiparin kerroksina. Tällaisia tarjottimia voidaan pinota päällekkäin 4-6 kpl, minkä jälkeen pino peitetään säkkikankaalla ja annetaan olla 5-6 tuntia, kunnes fermentaatio alkaa kehittää lämpöä. Pino puretaan ja tarjottimet asetetaan yksittäin hyllykköön, jossa näiden annetaan seistä noin yksi vuorokausi, tai kunnes home on kehittänyt itiöitä. Tarjottimien pinot puretaan yksittäisiin kerroksiin puisille tarjottimille ja annetaan näiden seistä kolmesta kuuteen päivää, kunnes lehdet ovat täysin kuivuneet ja näiden reunat ovat kääntyneet hieman ylöspäin. Jotkut puodit harrastavat tällaisten aurinkokuivausta. Testataksesi onnistumista, yksi lehtipari avataan ja lehtien alapintojen tulee olla harmaan tai mustan homekasvuston peittämä. Myös yksittäisten papujen tulee olla homeen peitossa, kohtalaisen kiinteitä ja kuivia. Yksi tällainen iso lehti itiöittää 9 kg kuivia keitettyjä soijapapuja siinä missä pieni lehti riittää viileän kauden aikana itiöittämään vajaa 3 kg papuja. Viileinä kausina voidaan papujen sijaan käyttää lehdille levitettävää murskattua tempeh-kakkua. Tarjottimien päällä voidaan pitää myös lautoja painoina estämässä lehtien käpertymistä kahden vuorokauden ajan, minkä jälkeen tarjottimet nostetaan talon katolle suoraan auringonvaloon neljäksi vuorokauksi siten että ne nostetaan auringonlaskun jälkeen takaisin sisätiloihin ja aamulla jälleen katolle.

2. Lehtikontakti-menetelmä: Hibisuksen, banaanin tai muita soveltuvia lehtiä ladotaan papujen päälle fermentoinnin aikana, jotta rihmastot kasvavat lehtiin, jotka käytetään sitten itiöjuurena seuraavaan settiin.

3. Tempeh-kakuista leikataan ohuita siivuja, joiden annetaan kypsyttää itiönsä ja käytetään samantien tai aurinkokuivataan ja jauhetaan myöhempää käyttöä varten.

4. Tuoretta tempehiä murskataan ja sekoitetaan kypsyttettäviin papuihin. Tätä menetelmää käytetään raporttien mukaan erittäin harvoin ja ilmeisesti tässä on suurin kontaminaatoriski.

5. Ragi-menetelmä: Keitetyt soijapavut itiöitetään hieromalla kuivia hiivakakkuja (tunnetaan nimellä ragi) näihin, jolloin lopputulosta kutsutaan nimellä tapeh. Yleisesti ragilla tarkoitetaan kuitenkin hibisuksen lehti-itiöjuurta. Ragi tai bibit voi tarkoittaa myös mitä tahansa juurta, jolla nostatetaan leipää, käytetään viiniä tai valmistetaan tempehiä.

## 5. STARTERIN, ELI ITIÖJUUREN LÄNTISIÄ VALMISTUSTAPOJA

Mikäli sinulla on hieman starteria on helppoa valmistaa sitä lisää tempehin valmistuksen ohessa. Leivontavuoka steriloidaan liottamalla ja keittämällä, minkä jälkeen se kuivataan. Tehdessäsi soijatempehiä levitä neljäsosakupillinen juuri itiöitettyjä soijapapuja leivontavuokaan pohjalle pavun paksuiseksi kerrokseksi. Peitä vuoka alumiinifoliolla, jossa on reikiä noin kolmen senttimetrin välein. Kypsyttely 30-32:ssa Celsiuksessa 48 tuntia, kunnes home kypsyttää itiönsä ja pinta näyttää yhtenäisen tumman harmaalta tai mustalta puuvillalta. Poista folio ja jatka kypsyttelyä 24 tuntia, jotta massa kuivuu ja lisää itiöiden levittämistä. Itiöt kerätään jollakin seuraavista menetelmistä:

1. Sterilisoi pari kuppia, halkaisijaltaan parin kymmenen sentin siivilä ja ruokalusikka. Laita puhtaita pehmeitä paperiarkkeja lautaselle tai pöydälle ja pidä siivilää paperin päällä samalla kun pyörittelet itiöitettyjä papuja lusikalla siivilässä. Hierottuasi papuja hellästi siivilän pohjaa vasten kahdesta kolmeen minuuttiin, on riittävä määrä itiöitä pudonnut paperille. Yksi neljäsosateelusikallinen näitä itiöitä riittää valmistamaan yhden kotitekoisen tempehsatsin ja neljäsosakupillisesta papuja saamasi määrä on noin 1,5 tai 2 ruokalusikallista, josta valmistaa 18 tai 24 tempehsatsia. Kääri käyttämätön itiöjuuri muoviin ja laita kääri jääkaappiin suljetussa purkissa. Käytä itiöjuuri kuuden kuukauden tai vuoden sisällä ja lisää kuukauden kuluttua annostusta puolella.

2. Huuhdo neljäsosakupillinen pitkäjyvistä valkoista riisiä kahdesti ja kuivaa. Yhdistä riisi 3/4 kupilliseen vettä ja kuumenna kiehumispisteeseen, minkä jälkeen annetaan hautua avoimena viisi minuuttia. Kuivaa ja viilennä puhtaalla paperilla tai pyyhkeen päällä ruumiin lämpöiseksi. Aseta riisi steriloituun leipävuokaan ja sekoita 1/8 teelusikallista tempeh-itiöjuurta, peitä reijitetyllä foliolla ja kypsyttele kuten edellisessäkin ohjeessa. Fermentointiaika saattaa kestää viidestä seitsemään vuorokautta. Pulverisoi sauva- tai tehosekoittimella käyttövalmiiksi.

3. Jos sinulla on tuoretta, kiinteää, valkoista tai vaaleanharmaata ja hyvältä tuoksuva kotitekoista tai kaupasta ostettua tempehiä, voit leikata sen pinnasta steriloidulla ja kuivatulla veitsellä ohuita siivuja ja kypsyttää näitä leikkauspinta alaspäin steriloidussa reijitetyllä foliolla peitetyssä astiassa, kunnes home tuottaa itiöitä. Lastujen tulisi 30-32:ssa Celsiuksessa kypsyttelyä olla 48:n tunnin kuluttua peittyneitä mustalla itiönsä levittäneellä rihmastolla. Jos näet ruskeita tai vaaleanpunaisia itiöitä, setti on pilalla. Aromin tulee olla miellyttävä, eikä ammoniakkin tai pilaantumisen hajua saa esiintyä. Jatka keräämällä itiöt kuten edellisissä ohjeissakin. Säilyy puolesta vuodesta vuoteen jääkaapissa. Käyttämätön osa tempehkakusta soveltuu syötäväksi, sillä jos yrität tehdä itiöjuurta kokonaisuudesta kakusta, sen sisus pilaantuu kypsytyksen aikana. On myös tärkeää, että kosket tempehin pintaa sormin niin vähän kuin mahdollista.

4. Ota tuoretta tempehiä ja pieni se sekoitettavaksi keitettyihin ja kuorittuihin soijapapuihin. Rihmasto jatkaa kasvuaan nopeasti ilman itiöitäkin. Tällä tavoin mahdolliset haitalliset bakteerit tosin myös voimistuvat pikkuhiljaa, varsinkin jos ne pääsevät kosteisiin olosuhteisiin ja saattavat jossakin vaiheessa kasvaa kyllin vahvoiksi estääkseen hyvän tempehin muodostumisen. Puhtaasti ja huolellisesti työskennellen näin voidaan kuitenkin valmistaa ainakin 12 sukupolvea tempehiä. Djurtoft raportoi onnistuneensa valmistamaan 30 sukupolvea laboratoriossaan, mutta muilla palkokasveilla kuin soijalla tämä menetelmä ei toiminut. Wang et al raportoivat vuonna 1977 hyvistä tuloksista jauhamalla 28.3 grammaa hyvää tuoretta tempehiä tehosekoittimessa sekoitettuna 1-2 ruokalusikalliseen keitettyä ja jäädytettyä vettä, jolloin saatiin ohutta tahnaa, jolla kypsytettiin 0.45 kg keitettyjä ja kuorittuja soijapapuja.

5. The Farmin metodi löytyy The Farm Vegetarian Cookbookista vuodelta 1978. 100 ml:n lasiseen yskänsiirappipulloon laitetaan 1 ruokalusikallinen valkoista riisiä ja 1 ja puoli teelusikallista vettä. Aseta pullo kyljelleen ja käytä lusikan kahvaa möyhentääksesi riisiin tasaiseksi kerrokseksi pullon tasaiselle sivulle. Tunge suuaukkoon runsaasti puuvillaa. Höyrytä pulloa painekattilassa 15 minuuttia ja anna jäähtyä ruumiin lämpöiseksi. Alkoholilla ja liekillä steriloitua puukonkärkeä käyttäen siirretään kuivatua tempeh-itiöjuurta riisiin ja tukitaan pullon suuaukko jälleen puuvillalla. Pulloa kypsytellään, kunnes riisi on tumman harmaata tai mustaa. Itiöjuuri jaetaan viiteen höyrysteriloituun lasipurkkiin, jotka suljetaan ja kääritään muovipusseihin jääkaappia tai pakastinta varten. Käytettäessä lisätään yksi ruokalusikallinen viileää vettä riisiin ja sekoitetaan hyvin, jotta klimppiintynyt riisi hajoaa, minkä jälkeen sekoitetaan tämä kaikki (riisi ja musta vesi) neljään paunaan kuivia soijapapuja, jotka on keitetty, kuorittu ja jäädytetty ruumiin lämpöiseksi. Tällä menetelmällä voit valmistaa satoja paunoja tempehiä yhdestä paketista starteria.

6. Mikäli sinulla on vain vähän itiöjuurta, voit käyttää tohtori H. L. Wangin kehittämää menetelmää. Tarvitaan 500:n ml purkki, painekattila ja neljän tuuman neliön muotoinen harsokangas tai juustonvalmistukseen käytettävä filtti, kahden harsokankaan väliin aseteltu puuvillakangas, lämpökaappi (eli tempeh-inkubaattori), tehosekoitin, jossa on pienienkin määrien pulveroinnin mahdollistavat ylä- ja alaterät. Neljäsosakupillinen kiiltävää pitkäjyvistä riisiä sekoitetaan kahteen ruokalusikalliseen vettä purkissa, joka peitetään kankailla tai maitofilterillä, joka sidotaan narulla tai puristimella paikoilleen. Purkin annetaan olla huoneen lämmössä tunti, ravistellen viiden tai kymmenen minuutin välein, jotta riisi imee itseensä tasaisesti vettä. Purkki asetetaan suuaukko ylöspäin painekattilaan ja keitetään 20 minuuttia, minkä jälkeen purkit nostetaan jäähtymään. Jäähtyneitä purkkeja ravistellaan, jotta klimppiintynyt riisi irtoaa toisistaan, minkä jälkeen kansi avataan nopeasti, sekoitetaan itiöjuuri ja suljetaan kansi mahdollisimman nopeasti. Tämän jälkeen purkkia vielä ravistellaan huolellisesti.

Itiökakkua fermentoidaan 30-31:ssä Celsiuksessa neljä tai neljä ja puoli vuorokautta, kunnes riisi on peittynyt mustilla itiöillä. Riisi jauhetaan puhdistetulla tehosekoittimella kunnes siitä tulee tasaisen harmaata jauhoa. Puoli teelusikallista riitää vajaata puolta kiloa soijapapuja kohden. Jos itiöjuurta haluaa säästellä, myös 1/8 teelusikallista sekoitettuna pariin teelusikalliseen jäähtynyttä, mutta keitettyä vettä toimii papuihin sekoitettuna varsin hyvin.

## 6. TEMPEHIN VALMISTUSTA INDONESIASSA

Indonesian ilmasto on tempehin valmistuksen kannalta ideaali ja kakut kääritään kypsymään yleensä banaanin lehtiin, joita on runsaasti saatavilla. Perinteisessä tempehpuodissa on iloisen hektinen ilmapiiri, joka kuvastaa työn ymmärtämistä henkisenä harjoituksena ja jokapäiväisen elämän juhlanä. Silmiinpistävää voi olla piittaamattomuus puhtaudesta ja sanitaatiosta, mikä ei hämmästyksesi aiheuta terveystarkastajia tai tempehin laadun heikkenemistä, vaikka olosuhteet kauhistuttaisivatkin terveystarkastajia. Tempehin valmistus on taiteen laji, joka vaatii huolellista harjoittelua onnistuakseen helposti ja varmasti. Jokainen vaihe vaikuttaa lopputuotteen laatuun ja itiöjuuren valmistaminen onkin avainasemassa taiturin statuksen hankintaan. Intuitiota ja herkkyyttä vaaditaan havainnoimaan muuttuvia kosteus- ja lämpöolosuhteita, sekä suhteuttamaan nämä sopiviin kypsytyksaikoihin. Koska Keski- ja Itäisellä Jaavalla polttoainetta on vähemmän saatavilla, papuja liotetaan usein tunnista 14:ään tuntiin ennen ensimmäistä kiehautusta.

Useat englanninkieliset kuvaukset tempehin valmistuksesta Indonesiassa sisältävät virheitä, joista oleellisimpien korjaukset ovat tässä:

1. Soijapavut kuoritaan ensimmäisen keittämisen jälkeen.
2. Tärkeä esifermentaatio tapahtuu 24:n tunnin liotuksen aikana ensimmäisen ja toisen keittokerran välissä.
3. Hyvälaatuisen tempehin valmistuksessa myös muilla pieneliöillä, kuin *Rhizopus* -homeilla ymmärretään olevan keskeinen merkitys.
4. Tempehiä valmistetaan harvemmin edellisen fermentaation tempehistä, sillä yleisesti käytetään itiöitettyä starteria.

Tempehin valmistus on kovaa työtä, joka alkaa varhain aamulla, usein n. 4:30 tai jopa pian puolen yön jälkeen. Koko perhe yleensä työskentelee ryhmänä. Tunnin tai kahden työskentelyn jälkeen perheen "pää" vie tuoretta ja kypsää tempehiä torille myytäväksi ja palaa vasta kun on saanut sen myytyä. Yleensä tällaiset tempehpuodit ovat hyvin taloudellisesti toimeentulevia. Iltapäivällä tempehmestari itiöittää seuraavan satsin papuja tai ainakin valvoo itiöitysprosessia.

Noin 7 kiloa soijapapuja huuhdotaan useita kertoja ja kuivataan. Pavut keitetään suurissa padoissa muutama tuuma vedellä peitettyinä käyttäen energianlähteenä useammin kaasupoltinta kuin avotulta. Kiehumisen jälkeen papujen annetaan hautua puoli tuntia. Kaikki pinnalle muodostunut vahto kuoritaan pois. Tämän jälkeen kuumat pavut kaadetaan bambusiivilälle siten, että kuuma vesi pesee alla olevan toisen korin, johon pavut siivilästä kaadetaan. Usein päälle kaadetaan myös kylmää vettä jäähdyttämään pavut, minkä jälkeen mestari pesee jalkansa ja talloo seinään itseään tukien papuja paljain jaloin noin kolme minuuttia, minkä jälkeen papujen kuoret ovat irronneet.

Pavut kaadetaan pienissä erissä takaisin siivilään ja upotetaan vesisaaviin, josta nostamalla siivilän reunoja ja pyörittelemällä papuja saadaan kuoret siirtymään reunalle ja vajoamaan siivilän ohi pohjalle samalla kun siivilää nostetaan. Huuhdontaa jatketaan kunnes kaikki kuoret ovat irronneet. Lopulta pavut asetetaan takaisin pataan ja peitetään jälleen pari tuumaa vedellä, minkä jälkeen lisätään muutama ruokalusikallinen kuoria, joissa on esifermentoinnin kannalta tarpeellisia maitohappo- tai pediococcus -bakteereja, jotka hapattavat liotusveden. Liotus kestää noin 24 tuntia.

Sitten pavut kuumennetaan kiehumispisteeseen liotusvedessään, joka saattaa muodostaa pintaan hieman vahtoa ja annetaan hautua tässä 30 minuuttia, minkä jälkeen pavut kaadetaan jälleen siivilään kuivumaan viideksi minuutiksi, minkä jälkeen ne kaadetaan suurempaan korimaiseen siivilään viilennyspöydälle puisella kauhalla samanaikaisesti sekoittaen. Näin pavut saavat jäähtyä ja kuivua avoimen ikkunan äärellä puolitoista tai kaksi tuntia siten että niitä välillä sekoitellaan. Tälläväläin reijitetään 22 polyeteenipussia, tai vaihtoehtoisesti valmistellaan banaaninlehdet. Läntisellä Jaavalla polyeteeni-pussit korvasivat banaaninlehdet aikaisemmin kuin Keski- ja Itä-Jaavalla.

Kun pavut ovat jäähtyneet, mestari pesee kätensä ja levittää papuihin tasaisesti itiöjuurta, minkä jälkeen hän pyörittelee papuja kaksin käsin varmistaakseen itiöiden tasaisen leviämisen. Sitten hän laittaa jokaiseen pussiin n. 500 grammaa itiöitettyjä papuja punniten nämä vaa'alla. Kun kaikki pussit on täytetty, hän kuljettaa näiden käärityt reunat hitaasti kynttilän tai pienen alkoholipolttimon yli sulkeakseen ne tiiviisti. Kun kaikki pussit on suljettu, ne asetellaan puiselle telineelle, jossa ilma pääsee vapaasti kiertämään tasojen alta ja antaa niiden seistä peittämättä yön yli huoneen lämmössä (n. 25 celsiusta). Vaihtoehtoisesti Keski- ja Itäisellä Jaavalla käytetään perinteisiä banaaninlehtikääröjä, joissa kypsytetään 15-100 grammaa tempehiä kussakin. Lehtiin painetaan jääpiikillä reikiä alle neljän senttimetrin välein ja itiöitettyt pavut asetellaan lehtien keskelle, minkä jälkeen nämä kääritään tiiviiksi paketeiksi, jotka sidotaan riisinarulla tai bambulla. Paketit asetetaan viistohyllykköön päällekkäin ladottuna 36-40:ksi tunniksi. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää säkkikankailla peitettyä hyllykköä, jolloin fermentoinnista syntyvä lämpö pysyy paremmin läsnä.

Seuraavana aamuna jokaisen pussin pinta pyyhitään pyyhkeellä, jotta ylimääräinen kosteus saadaan poistettua. Samalla jokaista pussia puristellaan käsin, jotta pavut tiivistyvät litteiksi kakuiksi, jotka ovat keskikohdaltaan n. 3.5 cm paksuja keskikohdaltaan ja 2.5 cm reunoilta. Nyt papujen annetaan kypsyä vielä 24 tuntia, kunnes ne seuraavana aamuna myydään esim. lähitienoon sairaalaan tempeh-kakkuina, jotka tarjotaan potilaille.

Massatuotannossa voidaan käyttää mm. kosteusoloja tasaamaan ennen papujen itiöittämistä tapioka-jauhoa, jota levitetään papuihin tasaisesti tuuletinta apuna käyttäen. Tämän jälkeen hibiscuksen lehtiä, joista pavut on nypitty irti hierotaan vastakkain papujen päällä jotta itiöt tippuvat papuihin. Sitten lehtiä hierotaan papuja vasten kolmesta neljään minuuttiin. Jotkut mahtavat "tehtaat" tekevät fermentoinnin yhdessä suuressa banaaninlehdistä huolellisesti pärekattomaisesti ladotussa kääreessä tätä varten rakennetulla pöydällä, minkä jälkeen valmiit kakut leikataan veitsellä suuresta kimpaleesta.

Papujen kuorinnassa voidaan käyttää apuna myös virtaavaa jokea, jolloin kuoret kylläkin päätyvät alajuoksulle ja mereen. Pavut voidaan kuoria myöskin käsin vesiastiassa, jolloin pyörteissä nousevat kuoret kaadetaan laidan yli pois astiasta. Kuorintaan on myös kehitetty motorisoituja kuorijoita, jotka kuorivat puolen hevosvoiman sähkömoottorilla 75 kg soijapapuja tunnissa kivimyllyä pyörittämällä. Myös yksinkertainen puutelaja hyödyntävä kuorija on kehitetty. jossa pavut putoavat pohjalla olevaan siivilään samalla kun ylivirtausvesi huuhtoo kuoret mennessään erilliselle siivilälle.

Banaaninlehtien sijaan kääreinä voidaan käyttää myös onttoja, reijitettyjä bambunvarsia. On huomionarvoinen seikka, että muovin käyttö saapui Indonesiaan vasta 1960-luvun puolivälissä ja sen suosio alkoi kasvaa räjähdysmäisesti erityisesti Läntisellä Jaavalla.

## 7. TEMPEH-FERMENTOINNIN MIKROBIOLOGIAA JA KEMIAA

Soveltava mikrobiologia tarkoittaa taidetta, taitoa, teknologiaa tai tiedettä, joka pyrkii selvittämään pieneliöiden käyttökelpoisuutta ihmiselle.

Fermentoinnin aikana entsyymit pilkkovat proteiineja, hiilihydraatteja ja rasvoja luodakseen helpommin sulatettavia ravinteita. Lisäksi fermentointi saattaa parantaa ravinnon makua ja koostumusta, ulkoasua ja aromia, syntetisoida vitamiineja, tuhota tai peittää tympeitä makuja, vähentää keittoaika ja muuttaa maatalousjätteitä maukkaaksi ihmisravinnoksi. Kaikki fermentointi tapahtuu joko homeiden, hiivojen tai bakteerien avulla, joko yksittäin tai yhdessä. Yleisesti tunnettuja ruuanlaitossa käytettyjä ovat homeista: *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Actinomucor*, *Armylomyces*, *Penicillium*, *Neurospora* ja *Monascus* ; hiivoista *Saccharomyces*, *Endomycopsis*, *Candida*, *Hansenula* ja *Torulopsis* ; bakteereista *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Acetobacter*, *Bacillus* ja *Pediococcus*.

*Lactobacillus*- ja *Streptococcus* -bakteereita käytetään jogurttien ja juustojen valmistuksessa, joista edellinen yhdessä hiivojen kanssa tuottaa kefiiriä tai yksistään umeboshi-luumuja. *Leuconostoc*-bakteeri tuottaa *Lactobacillus* -luonnon hapankaalia, *Acetobacter* tuottaa etikkaa ja *Bacillus* tekee nattoa, eli japanilaista kokonaisuena fermentoitua soijapapua. Bakteereilla on keskeinen rooli myös tempehissä, jossa *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus* ja *Streptococcus* -bakteerit aktivoivat perinteisen esifermentaation. Seuraavaksi *Klebsiella* ja jotkut muutkin bakteerit tuottavat B12-vitamiinia ja mikäli valmistusprosessin aikana puhtaudesta ei huolehdi, saattaa eritoten *Bacillus* -bakteeri saastuttaa koko satsin. Useimmille ihmisille bakteerit assosioivat tauteihin, kuten tuberkuloosiin, pneumoniaan, koleraan tai botulismiin. Suurin osa bakteereista on kuitenkin harmittomia, elleivät jopa hyödyllisiä. Bakteerit kykenevät myös muuntamaan jätteitämme metaaniksi, etanoliksi ja muiksi uusiutuviksi polttoaineiksi. Vaikka bakteerit ovatkin pieniä, niiden kaikkien yhteenlaskettu paino ylittää kaikkien muiden olentojen yhteispainon planeetallamme ja ne kykenevät asumaan sellaisissakin ympäristöissä missä ei ole havaittavissa muuta elämää. Bakteerit lisääntyvät jakautumalla ja ne ovat nopeiten käynnistyvä fermentoinnin lähde.

Homeet ja hiivat kuuluvat sienten eliöryhmään ja ovat yhtä kaukana eläimistä kuin kasveistakin. Sieniä on tutkittu systemaattisesti noin 300 vuotta ja lajeja on tunnistettu satoja tuhansia. Sana *fungus* on sieni latinaksi ja mykologia johtaa nimensä kreikkankielisestä sanasta *mykes*. Sienet ja bakteerit kuuluvat biosfäärin orgaanisen aineksen hajottajiin ja ovat siten välttämättömiä olemassaolon jatkuvuuden ja ravinteiden kiertokulun kannalta. Sienten aktiivisuus on myös kasvien ravinteiden ottokykyä laajentavien sienijuurten kautta suhteessa maaperän hedelmällisyyteen. Leipureiden ja oluenpanijoiden hiivat perustuvat *Saccharomyces cerevisiae* eri muotoihin, jotka kykenevät pilkkomaan hiilihydraatit yksinkertaisiksi sokereiksi, Myös ravintohiiva on samaa sukua ja merkityksellistä lienee, että hiivat kykenevät kaksinkertaistamaan määränsä ja solumassansa kahden tunnin välein. Bakteereilta tähän kuluu 9:stä minuutista kahteen tuntiin ja homeilta kahdesta kuuteen tuntiin. Neuvostoliitossa hiivoja hyödynnettiin yksisoluisten proteiinien tuotannossa, joita käytettiin lähinnä eläinten rehuna, koska näiden turvallisuudesta oli erimielisyyksiä. Myös Suomessa tunnettiin sulfiittisellutehtaan jäteliemestä synnytetty pekiloproteiini, jota käytettiin pitkään eläinten rehuna ja siitä valmistettuja keksejä tarjottiin Mäntän sellutehtaassa vierailijoille..

Homejuustoissa käytetään *Penicillium roqueforti*-homeetta, joka löydettiin alunperin Roquefortin kylän läheisistä luolista. *Penicillium chrysogenum* taas tuottaa antibioottista penisilliiniä. Laji ei ole kovinkaan kaukainen Itä-Aasiassa yleisesti mison valmistukseen käytetystä *Penicillium Aspergillusista*, joka soveltuu myös saken ja kiinalaisen soijakastikkeen valmistukseen. *Aspegillusin* kantoja käytetään myös teollisesti sitruunahapon tuotannossa ja karjanrehun proteiinipitoisuuden lisäämisessä. Kiinalainen fermentoitu tofu (*doufu*-ru tai *sufu*) valmistetaan *Actinomucor*-homeen avulla. Indonesianlainen tempeh perustuu *Rhizopus*-homeisiin ja *onchom*, eli Indonesian suosittu fermentoitu okara- tai maapähkinän puristekakku itäoitetään *Neurospora* -homeilla.

Neurosporalla oli keskeinen merkitys genetiikan ja DNA:n tutkimuksen kehittymisessä. On mielenkiintoista, että amerikkalaiset yritykset kehittivät huikaisevan kalliita teknologisia menetelmiä soijaproteiinin muuttamiseksi rakenteeltaan lihan kaltaiseksi teksturoiduksi soiaproteiiniksi, vaikka luonnonmukaisella fermentoinnilla tämä onnistuu ilman merkittäviä kustannuksia. Tulevaisuudessa bakteerit, hiivat ja homeet saattavat edustaa työvoimaa, jota ei voi riistää sillä niiden luonne pakottaa heidät työskentelemään yötä päivää, koskaan lakkoilematta tai valittamatta, tuottaen ihmisille uupumatta ruokaa. Pieneliöt eivät vaadi mitään muuta kuin hieman ruokaa, lämpöä ja puhtaan kodin.

Sienten ja muiden pieneliöiden jaottelu ja luokittelu tarkentuu jatkuvasti ja määrittynyt yhä enemmän näiden morfologian tai fysiologian perusteella, kuten niiden kyvystä hyödyntää tiettyjä hiiliyhdisteitä, fermentoida tietynlaisia sokereita, hyödyntää tietynlaisia typpivarantoja, tarpeesta tietyille vitamiineille, kyvystä tuottaa estereitä, hydrolysoida arbutiinia, kestää korkeita lämpötiloja, nestemäistä gelatiinia tai tuottaa alkoholia. Myös geenitutkimusta on hyödynnetty lajien tunnistamiseen. Ainoa yhtenäinen tekijä sienten osalla on, etteivät ne tuota lehtivihreää ja sienet lisääntyvät itiöiden kautta siementen sijaan, ilman kukkia tai varsinaisia juurakoita. Lehtivihreän tuottaminen yhteyttämisen kautta on keskeinen kanava fyysisen ja biologisen maailman välillä, sillä käytännössä sen kautta kaikki energia ja hiili astuu biosfääriimme. Koska sienet eivät tuota lehtivihreää, nämä eivät pysty itse tuottamaan kaikkia tarvitsemiaan orgaanisia ravinteita ja ovat siten riippuvaisia pääasiassa kasveista saadakseen riittävästi ruokaa. Useimmat sienet, kuten Rhizopuskin elävät elottomissa kasveissa ja eläimissä saaden näistä ravintonsa (tästä käytetään termiä "saprobe"). Jotkut sienet ovat kuitenkin loisia, jotka syövät myös elävää ainesta. Kummassakin tapauksessa ravinnon imeytyminen tapahtuu sienen soluseiniensä ulkopuolelle erittämiin entsyymeihin perustuvan ruuansulatuksen kautta.

Homesienet tarvitsevat aina orgaanisen kasvualustan, jonka massasta ne käyttävät 1-5 % omaan kasvuunsa ja aineenvaihduntaansa. Itiöt eroavat hedelmöityksen kautta syntyvistä monisoluisista siemenistä siinä, että suurin osa itiöistä on yksisoluisia, vararavinteettomia ja syntyvät aseksuaalisesti ilman hedelmöitystä. Yksi niityllä kasvava sieni voi levittää 500 miljoonaa tällaista itiötä vuorokauden aikana ja nämä kaikki ovat kyvykkäitä tuottamaan uuden sukupolven. Lähes painottomat itiöt voivat kulkea ilmavirtausten mukana satoja tai jopa tuhasia kilometrejä, ennenkuin esim. sade tiputtaa ne maahan, jolloin on ensiarvoisen tärkeää että itiöt löytävät tarvitsemiaan ravinteita sisältävän kasvualustan. Jos itiö ei löydä kasvualustaa, se kuolee kuukauden tai kuuden kuukauden sisällä, ellei sitä säilytetä jääkaapissa tai huolellisesti kuivattuna. Aseksuaalisia itiöitä voi muodostua jopa viiden vuorokauden välein, siinä missä pakuseinäisiä seksuaalisesti syntyviä itiöitä syntyy pienemmissä määrin yleensä vain kerran kasvukaudessa, näiden kehittyessä varsin hitaasti ja sisältäen runsaasti kasvun alkuun tarvittavia ravinteita. Kahden eri rihmaston kohtaamisesta seksuaalisesti syntyvillä itiöillä on paksu soluseinä, joka suojaa niitä myös kylmyydeltä tai kuivuudelta, minkä lisäksi suvullisesti lisääntyneet itiöt kykenevät tarvittaessa odottamaan sopivia kasvuolosuhteita jopa vuosikymmeniä. Kun rihmastot alkavat kasvaa, tämä tapahtuu ällistytävän nopeasti. 24:n tunnin aikana sieni saattaa kasvattaa kilometrin pituudelta uutta rihmastoa ja joidenkin rihmastojen (mutta ei yksittäisten solujen) iäksi on arvioitu neljästä sadasta useisiin tuhansiin vuosiin.

Sana Rhizopus koostuu kreikankielisistä sanoista rhizo, mikä tarkoittaa juurta ja pous, mikä tarkoittaa jalkaa. Kuten kaikki muutkin Mucorales-sukuun kuuluvat sienet on Rhizopuskin verrattain yleisesti luonnosta löytyvä, kaikenlaisessa orgaanisessa aineessa ja maaperässä viihtyvä hajottajasieni. Suomessa Rhizopusta esiintyy suhteellisen yleisesti huoneilmassa. Rhizopuksen itiöt ovat määrällisesti suuria ja kevyitä ja ne pääsevät tunkeutumaan mihin tahansa, mistä johtuen tämä sieni on tunnettu laboratorioiden kontaminantti. Tästä syystä tempehiä ei tule valmistaa samoissa tiloissa muiden fermentoitujen ruokien kanssa. Mucorales -suvun sienet soveltuvat fermentointiin erittäin hyvin siksi, että ne kasvavat nopeasti, tuottavat runsaasti entsyymejä, sekä antavat miellyttävää makua ja aromeita. Aasiassa näitä käytetään tempehiin, doufu-run tai sufun, ragin ja kiinalaisen hiivan valmistuksessa. Pohjois-Intiassa Mucorales-suvun sieniä hyödynnetään Rhizopuksella käytetyn panchwai-riisioluen ja okarasta valmistetun meitauzan valmistuksessa. Erityisesti Rhizopus soveltuu amylaasiprosessiin, jossa fermentointi muuttaa tärkkelystä sokeriksi ja tuottaa tietyissä olosuhteissa pieniä määriä alkoholia.

Rhizopuksen elämä alkaa kun itiö asettuu sopivaan kasvualustaan suotuisissa aerobisissa olosuhteissa (25-37 Celsiusta ja 65-85 %:n ilmankosteus). Laskeutunut itiö imee itseensä vettä ja turpoaa kunnes sen kuori murtuu ja itäminen alkaa. Toisin kuin bakteerit, sienet pitävät miedosti happamasta kasvualustasta, jonka pH:n optimi on useimmilla lajeilla 6. Valo ei useinkaan ole hyväksi sienien kasvuille. Pian itiön hikoilevasta alkulimasta, eli solujen sisäisestä elävästä aineksestä (protoplastasta) työntyy ulos pieniä rihmaston putkia, jotka alkavat lähes välittömästi haaroa ja muodostaa lankamaisia sokkeloisia verkostoja. Kun päistään kasvavat rihmastot törmäävät toisiinsa, ne saattavat yhdistyä, minkä jälkeen sadat rihmaston päät työntyvät kaikkiin suuntiin etsiessään ravinteita ja muodostaen tiheän puuvillamaisen valkoisen rihmastomaton. Kasvin kasvullinen osa, sekovarasi eli thallus koostuu nopeasti kasvavista, koostumukseltaan yhtenäisistä, monisoluisista mutta soluseinättömistä rihmastoista. Näistä erikoistuneet ilmarihmat (stolon) kasvavat mansikan rönsyjen tavoin kasvualustan pinnassa, muodostaen kasvualustaa koskettaessaan noin kahden solukerroksen syvyyteen tunkeutuvia juuren kaltaisia ritsoideja (rhizoid), jotka ankkuroivat sienien tiukasti kasvualustansa. Ilmarihmat auttavat sientä leviämään nopeasti. Ne osat sienestä, joka ei liity lisääntymiseen ollen osa vegetatiivista kasvua.

Yleensä tempeh syödään siinä vaiheessa kun rihmasto on vielä vaaleana mattona, eikä itiöitymistä ole vielä alkanut tapahtua. Liian pitkä kypsytys kuitenkin käynnistää itiöiden muodostamisen nopeasti, jolloin heti riitoidien päälle kasvaa 200-400 mikrometriä pitkiä itiövarsia, jotka täyteen pituuteensa kasvettuaan turpoavat latvoistaan itiöpesäkkeiksi, alkaen kehittää aseksuaalisia haploideja itiöitä, joista kukin sisältää soluseinien ympäröimän tuman. Itiöpesäkkeen alle muodostuu käännetyn kulhon kaltainen lakki, joka pitää 60-80 mikrometriä halkaisijaltaan olevaa itiöpesäkettä pystyssä kunnes se alkaa muutaman tunnin kuluessa tummeta, muuttaen koko tempehin pinnan pian hiilen mustaksi. Myös sekovarret ja ritsoidit tummenevat iän myötä. Sitten itiöpesäkkeen seinät hajoavat ja kustakin purkautuu satapäin itiöitä ilmavirtojen armoille. Itiöillä ei ole peräsintä tai siivekettä jolla ne lentävät ja niitä kutsutaan nimellä "aplanospores". Rhizopus lisääntyy myös suvullisesti, kuten kaikki muutkin Zygomycetes -luokan sienet. Kahden samankokoisen, fysiologisesti poikkeavan mutta yhteensopivan yksilön erittäessä erityisiä hormoneja ja kopuloidessa toisiaan syntyy suvullisesti lisääntynyt itiö (käytetään termiä "zygospore").

Rihmastoilla ei ole havaittavissa olevia sukupuolta määrittäviä ominaisuuksia, joten näitä on nimitetty + ja - rihmastoiksi, eli heterothalliciksi sieniksi. Homeita, jotka pystyvät lisääntymään itsekseen kutsutaan homothalliciksi. Suvulliseen itiöön kehittyvä karkea musta pinta ja siitä tulee voimakkaasti tuoksuva yhden - kolmen kuukauden ajaksi. Tässä muodossa se tunnetaan "lepävänä itiönä". Itämisen aikana se aukeaa ja tuottaa aseksuaalisten itiöpesäkkeiden kaltaisia itiöpesäkkeitä, jolloin kiertokulku alkaa jälleen alusta. Suvullisesti lisääntyneitä itiöitä tavataan harvoin, jos koskaan tempeh-kasvustoista.

Seksuaalisen lisääntymisen merkitys on siinä että rihmastot pystyvät vaihtamaan kromosomeja ja varmistamaan lajin säilyvyyden muuttuvissa olosuhteissa. Näin syntyvät itiöt eivät ainoastaan voi odottaa itämistään kauan, vaan niiden on pakko. Zygosporen keskimääräinen elinikä on kuusi vuotta tai enemmän. Jotkut Rhizopus-lajit tuottavat näiden lisäksi myöskin "lepäviä" paksuseinäisiä ja vararavinteita kantavia lepoitiöitä (chlamydospore), jotka syntyvät kuitenkin aseksuaalisesti rihmaston sisällä tai sen kärjissä, josta itiöt pikkuhiljaa irtaantuvat erillisiksi ja siksi niiden syntyä harvemmin voidaan myöskään tarkkailla. Lepoitiöt pystyvät paitsi kasvattamaan itiöpesäkkeitä, myöskin kasvamaan suoraan rihmastona.

Kaikki Rhizopus-lajit eivät suinkaan sovellu tempehin valmistukseen. Suvun tunnisti vuonna 1820 Ehrenberg ja nykyisin siitä tunnetaan yli 120 lajia. Rhizopus oligosporus on pääasiallinen tempeh-home ja sillä on kaikkein vahvimmat proteaasi- ja lipaasientsyymien, sekä heikoimmat amylaasientsyymien aktiivisuudet, mikä tekee sen erityisen soveltuvaksi proteiini- ja rasvapitoiselle soijapavulle, sekä hiilihydraattipitoisille viljoille. Rhizopus oryzaella on vuorostaan vahva amylaasientsyymien aktiviteetti, joten se ei sovellu viljojen fermentointiin koska se pilkkoo tärkkelyksen yksinkertaisiksi sokereiksi, jotka

fermentoituvat orgaanisiksi hapoiksi tuottaen ikäviä sivumakuja, huonoa aromia ja tummaa väriä. Lajien luonteenomaisia piirteitä ovat itiöpesäkkeistä vapautuvat itiöt, joilla ei ole juovaisia jälkiä itiön seinämässä ja itiöt ovat muodoltaan erittäin epäsäännöllisiä. Itiöpesäkkeestä leviävät itiöt ovat suhteellisen lyhyitä, haarattomia ja saavat alkunsa vastakkaisista ritsoideista, jotka eivät ole kovin pitkiä ja haarovat vähän. Itiöpesäkkeet ovat pieniä ja home tuottaa suuren määrän suvuttomasti lisääntyviä lepoitiöitä. Japanilainen mykologi Saito tunnisti lajin ennen vuotta 1905 Kiinasta tulleista riisikakuista ja Clifford W. Hesseltine analysoi satoja indonesialaisia tempeh-näytteitä 1960-luvulla ja nimesi näiden perusteella *R. oligosporuksen* tempeh-homeeksi.

*Rhizopus oryzae* ei sovellu amyalaasiaktiivisuutensa vuoksi siis viljojen hometukseen, mutta sillä on myös toiseksi korkein proteaasiaktiiviteetti, joten sillä syntyy kuitenkin hyvää soijatempehiä. *R. oryzae* kykenee tuottamaan runsaasti maitohappoa ja sen pitkiä rihmastoja kasvattavaa ominaisuutta arvostetaan erityisesti Keski- ja Itäisellä Jaavalla kiinteiden tempeh-kakkujensa ansiosta.

*Rhizopus arrhizus* sisältää toiseksi korkeimman amyalaasiaktiivisuuden ja sitä käytetään Itäisellä Jaavalla legendaarisen Malang -tempehin valmistukseen, sillä se kypsyy hitaasti ja säilyttää arvostetun valkoisen värinsä pisimpään kypsyttämisen jälkeen. Tämä on myös eniten hedelmien mätänemistä aiheuttavaa pektinaasi-entsyymiä tuottava home.

*Rhizopus stolonifer* sisältää tempeh-homeiden alhaisimman amyalaasiaktiivisuuden, minkä puolesta se soveltuisi soija- tai viljatempehien valmistukseen. Sillä on kuitenkin myös alhaisin proteaasiaktiivisuus, mikä estää sitä toteuttamasta keskeistä proteeinien esisulatusta. Se kuitenkin kasvaa alhaisemmissa lämpötiloissa (ideaali 25 Celsiusta, 48 tuntia) ja tuottaa kuitenkin Hesseltin mukaan kohtalaista tempehiä. Laji tunnetaan erityisesti mustana leipähomeena, joka tuottaa puuvillamaista mustaa massaa ilman kanssa tekemisissä olevaan kosteaan leipään. Sitä löytyy usein myös kypsistä banaaneista, joita on säilytetty kosteassa ilmassa ja laji aiheuttaa bataattien mädäntymistä. Sitä käytetään tuottamaan humuksen muodostumisessa havaittua fumiinihappoa, sekä kortisonin valmistusprosessissa ja se tunnetaan ulkonäkönsä vuoksi myös nimellä *Rhizopus nigricans*.

*Rhizopus achlamyosporus* on proteaasiaktiivisuudeltaan kolmanneksi paras ja amyalaasiaktiivisuudeltaan keskinkertainen. Tämän lajin pitäisi tuottaa hyvää tempehiä, vaikkakaan sen käyttö ei ole yleisesti tunnettua.

*Rhizopus formosaensis* on amyalaasiaktiivisuudeltaan kolmanneksi korkein ja on suhteellisen harvinainen laji.

*Rhizopus chinensis* on Gandjarin vuonna 1977 soija- ja winged-bean tempehin valmistukseen käyttämä laji, jota käytetään myös ragin ja peh-yuehin valmistukseen.

*Rhizopus cohnii* soveltuu Gandjarin mukaan myös soija- ja winged-bean tempehien valmistukseen.

*Rhizopus javanicus* käytetään Itä-Aasiassa koji-soijakastikkeen valmistuksessa.

*Rhizopus chlamyosporus* käytetään Indonesiassa Kassava-tapehin valmistukseen.

Indonesiassa *Rhizopus*-lajien esiintyminen vaihtelee maakunnittain, riippuen ilmastollisista olosuhteista ja ilmenee monimuotoisuutena tempehien laadussa. Indonesialaiset tempehit sisältävät myös sekalaisen määrän erilaisia bakteereja ja hiivoja. Sama ilmiö esiintyy myös juustojen osalta Euroopassa ja vaikka ammattilaiset yrittävätkin valmistaa samoja tuotteita eri paikkakunnilla, he päätyvät huomaamaan ettei se yleensä onnistu.

Jotkut *Rhizopus*-kannat olivat aikoinaan villedjä, mutta päätyivät ihmisen käyttöön ja muodostivat siinä sivussa villikannoista eriytyneitä ominaisuuksia. Modernit tempehin valmistajat ryhtyivät käyttämään puhtaita kasvustoja, jolloin B12-vitamiini hävisi lopputuotteista. Tästä viisastuneena kaikkein hienoimmat modernit tekniikat yhdistävät puhtaita linjoja eri sienistä, bakteereista ja hiivoista tuottaen aina tasalaatuista ja

kuluttajien makutottumuksiin vastaavaa tempehiä. Nämä tarjoavat myös suuremman mahdollisuuden tarkkailla kaupallisten tuotteiden tasaista laatua. Useat huippututkijat Indonesiasta ja Pohjois-Amerikasta ovat kuitenkin kyseenalaistaneet tämän lähestymistavan pätevyuden, sillä heidän mielestään tärkeämpää on se millainen pieneliöiden yhdistelmä millaisessakin ilmastossa tuottaa parasta tempehiä. Heidän tutkimuksensa osoittavat, että perinteiset tempehkasvustot yhdistettynä esifermentaatioon toimivat paremmin kuin puhtaista linjoista koostuvat kasvustot. Tulokset viittaavat siihen, että fermentointiprosessi on todellisuudessa vieläkin monimutkaisempi, kuin aikaisemmin on luultu. Niinpä modernit teknologiset fermentoijat ovatkin alkaneet käyttää myös tiettyjä puhdistettuja maitohappokantoja papujen esifermentoinnissa.

Kaikkein mielenkiintoista lienee se, että erilaisilla pieneliöillä näyttää olevan toisiaan täydentäviä vahvuuksia ja heikkouksia. Homeet pilkkovat tehokkaimmin proteiineja, bakteerit hieman heikommin ja hiivat eivät pysty niihin lainkaan. Rasvoja hajottavat tehokkaimmin bakteerit ja yksinkertaisia hiilihydraatteja hiivat. Arbianto havaitsi, että puhtaalla *Rhizopus*-itiöjuurella valmistettu tempeh aiheuttaa ilmavaivoja epätäydellisen hiilihydraattien hajoamisen vuoksi. Indonesianlaisista tempeheistä löytynyt *Bacillus polymosa* esimerkiksi auttaa näiden hajottamisessa ja sen lisäys starteriin poisti ongelman ainakin osittain.

Vaikka *Rhizopus*-homeet ovatkin erinomaisia elintarvikkeita jalostavia homeita, löytyi Jaavalta myös *Mucor javanicus* ja *Mucor rouxii* -homeilla valmistettua tempehiä (Dwidjoseptura ja Wolf, 1970). Liem ja Steinkrauss (1977) tuottivat tempehiä puhdistetuilla bakteeri- ja homekannoilla ja saivat aikaan epätavallisen korkeita B12-vitamiinipitoisuuksia. Kaikki tämä viittaa siihen, että perinteisten sekakasvustojen tai modernien puhtaisten linjojen seosten käyttö tuottaa rikkaampia ja herkullisempia makuja, parempaa sulavuutta, parempia ravitsemuksellisia ominaisuuksia (kuten B12-vitamiinia), antibioottisia ominaisuuksia, pidempää säilyvyyttä jne. Lisäksi perinteisten sekakasvustojen etuja ovat matala vaatimus teknologiasta ja mahdollisuus hyödyntää paikallisia luonnonmateriaaleja, paikallisiin olosuhteisiin sopeutuneet tuotteet, ja matalat kustannukset, kun ei tarvita laboratorioita. Esim. haitallisten bakteerien kontaminaatio sekakasvustossa tuottaa huonolaatuista tempehiä, eikä kookoskakkujen *Pseudomonas*-kontaminaatiota ole havaittu missään muussa raaka-aineessa. Miso ja soijakastike suojaavat itseään haitallisilta bakteereilta suolan avulla.

Perinteiset indonesialaiset tempeh-pajat ovat usein niin ällistytävän täynnä tempehin valmistuksessa soveliaita vieraille bakteereille, sienille ja hiivoille antagonistisia pieneliöitä, etteivät ne helpolla kontaminoidu vaikka erityistä hygieniaa ei noudatettaisikaan. Tämä on pitkälti sekalaisia pieneliöitä sisältävien itiöjuurten käytön ansiota. Länsimaisissa pajoissa ongelmia syntyy usein lämpötilan ja kosteusolosuhteiden säätelyn puutteellisuudesta, sekä puhtaaksi viljellyistä bakteeri-, home- ja sienikannoista, jotka ovat huomattavan herkkiä kontaminaatiolle, sekä ominaisuuksiltaan epävakaita. Indonesianlaiset itiöjuuret eivät erilaisessa ilmastossa ole välttämättä yhtä vahvoja, sillä ne ovat paikallisiin olosuhteisiin sopeutuneita alkuperäiskulttuureita, joiden siirtäminen toisenlaiseen elinympäristöihin vaatii varmastikin pitkää sopeutumisaikaa, ennenkuin ne oppivat pitämään vastaavalla tavalla puolensa kontaminantteja vastaan. Viisainta lienee olisikin pyydystä paikallisia *Rhizopus*-kantoja ja kehittää näistä kestäviä sekakasvustoja, joista valmistaa paikallisia itiöjuuria. Myös perus tempehin valmistusohjeita ja raaka-aineita voidaan joutua ilmastollisista syistä säätämään.

Kun soijapapuja pestään, esikeitetään 15-30 minuuttia ja liotetaan keitinvedessään trooppisissa ilmastoissa 22 tunnista kolmeen päivään tapahtuu kuorten höltymistä, mikä helpottaa kuorintaa. Varsinkin pidempi esikeittäminen tappaa mahdolliset muut homeet ja eritoten bakteerit pavuista. Liotus kuumassa vedessä pehmentää papuja, vähentäen kypsennysaikaa siihen tarvittavine polttoaineineen, stimuloi esifermentaatiota ja poistaa homeiden kasvua estävät inhibiittorit, sekä ilmavaivoja aiheuttavat tekijät. Kun liotusvesi peittää pavut vain niukasti, se vie epämiellyttävän maun pois ja säästää papujen hiilihydraatteja. Liotuksen aikana kuorissa asuvat ja esikeittämisestä selvinneet bakteerit aloittavat esifermentaation, jolloin liotusvesi happamoituu ja hiilidioksidin muodostumisen yhteydessä syntyvää vahtoa voi nousta pintaan.

Esihapatus laskee papujen pH:n 3.5:n ja 5.0:n välille. Hapattuneiden papujen itiöittäminen edesauttaa rihmastojen kasvua estämällä tai hidastamalla haitallisten bakteerien kasvua. Mikäli alhaista pH:ta ei käytetä hyväksi, tarvitaan huomattavan paljon enemmän itiöjuurta onnistuneen lopputuloksen saamiseksi. Esihapatus ei kuitenkaan vaikuta lopullisen tempehin makuun, sillä Rhizopuksen aineenvaihdunnassa vapautuu riittävästi ammoniakkia neutraloidakseen happamuuden. Huomionarvoista kuitenkin on, että Indonesian hienoimpana pidetyn Malang-tempeh-laadun valmistuksessa ei esihapatusta käytetä. Steinkrauss raportoi vuonna 1964 tutkiessaan mison tai soijakastikkeen valmistukseen tarvittavan kojien fermentointiin käytettävän *Aspergillus oryzae* -homeen vaativan kasvaakseen vähäisempää kosteutta kuin *Rhizopus oligosporus*, jolloin tempehin valmistuksessa pH:n alentaminen esihapatuksella on tarpeen haitallisten bakteerien viihtyessä paremmin kosteissa olosuhteissa.

Soijapavun kuoren tärkein biologinen funktio on torjua sienten hyökkäyksiä, joten siksi papujen kuoriminen on tärkeää homerihmaston kasvun ja tarpeellisen entsyymitoiminnan kannalta. Joissakin perinteisissä valmistustavoissa siemenkuoret lisätään fermentoitavaan massaan, jolloin ne saattavat lisätä lopputuotteen B12-vitamiinipitoisuutta. Liotetut, esikeitetyt ja kuoritut pavut voidaan esihapattaa keitinvedessä, jolloin on oleellista että tähän lisätään siemenkuoria hoitamaan asianmukainen hapattuminen.

Indonesiassa on tapana keittää pavut uudelleen lyhyen esikeittämisen jälkeen. Yleensä tunnin keittoaika tarvitaan pehmentämään pavut, parantamaan ravintoarvoa, deaktivoimaan trypsiini-inhibiittorit, sekä keskeyttämään esihapatus, vaikkakin osa bakteereista ja itiöt todennäköisesti selviävätkin keittämisestä. Mitä lyhyempi keittoaika, sen enemmän bakteereja selviytyy keitoksesta. Ylikypsien papujen koostumus hajoaa tiiviiksi mössöksi, mikä estää rihmaston kasvua, sekä tuhoaa papujen aminohappoja heikentäen näin proteiinien sulavuutta. Joissakin pajoissa papuihin lisätään vain puolihöyrytystä vastaava määrä vettä, mikä uskotaan parantavan makua ja vähentävän ravinteiden hävikkiä. Keittämättömistä pavuista tempehin valmistaminen ei onnistu. Sopiva keittoaika onkin siis 15:sta minuutista kahteen tuntiin.

Toisen keittämisen jälkeen pavut kuivataan ja keitinvesi kaadetaan pois. Kun Hesseltine et al (1963) yrittivät valmistaa tempehiä kuorituista ja murskatuista pavuista haihduttamalla papujen liotusveden pois, osoittautui että jäljelle jääneet homeiden kasvua estävät inhibiittorit tuottivat huonolaatuista tempehiä. Nämä vesiliukoiset ja kuumuutta kestävät inhibiittorit eivät ainoastaan estäneet *Rhizopus* kasvamasta, vaan antoivat pavuille tumman punertavan värin ja kelvottoman maun. Home ei myöskään kyennyt tuottamaan proteaasi-entsyymejään. Vuonna 1976 Hesseltine et al raportoivat sopivan itiöjuuren määrän olevan 10 miljoonaa *Rhizopus oligosporus* itiötä sataa grammaa keitettyjä soijapapuja tai viljanjyviä kohden. Korkeammat tai matalammat pitoisuudet saattoivat pidentää fermentointiaikaa merkittävästi (Murata, 1965).

Home tarvitsee kasvaakseen happea, kosteutta, lämpöä, sopivan pH:n ja ravinteita. Kolme ensinnä mainittua ovat yhteydessä toisiinsa ja mikäli olosuhteet ovat soveltuvat homeelle, myöskin hyödylliset bakteerit viihtyvät niissä. Riittämätön hapen saanti estää homeita kasvamasta ja liika happi taas kuivattaa kasvuhalustaa liaksi. Jos happimäärää lisätään sen jälkeen kun rihmasto on jo levittäytynyt, se saattaa kasvaa niin voimakkaasti että syntyvä lämpö vahingoittaa sitä ja tuottaa epätasaista itiöitymistä. Mikäli papukerroksen paksuus on yli 2 tuumaa (5 cm), rihmasto kasvaa liian hitaasti kerroksen keskikohdalla. Optimaalisen kasvun vuoksi papukerroksen maksimipaksuus on noin 3 cm. Kaikkien fermentointipintaan koskettavien telineiden, alustojen ja kääreiden sopiva reijitysetäisyys on 1.25 - 1.85 cm, kun reikien koko on lankanaulan halkaisija. Mikäli käytetään kokonaisia papuja, ei tiivis pakkaaminen tai painelu haittaa ilman kulkua.

Sekä pavuissa, että ympäröivässä ilmassa tulee olla sopiva kosteusprosentti, mutta tästä esitetyt arviot vaihtelevat 45:stä prosentista 85:een prosenttiin. Roelofsenin ja Thalensin (1964) mukaan paras tulos saavutetaan kuivaamalla pavut keittämisen jälkeisestä 64:n prosentin kosteudesta 55:een prosenttiin. Wang et al (1975) huomasivat, että *Rhizopus oligosporus* kasvaa hyvin vain, mikäli papujen kosteus on 40-50 prosenttia. Sudamadji (1977) havaitsi papujen kosteuden tippuvan tyypillisestä 67:stä prosentista 61:een prosenttiin 24:n tunnin fermentoinnin jälkeen ja nousevan taas 64:ään prosenttiin 40 tunnin kuluttua.

Stahel (1946) mittasi indonesialaisen tempehin sisältävän 60 % kosteutta itiöittämissä aikaa ja 55-60 % kun tuote on valmis. Indonesialaiset kuivaavat papuja yleisesti tunnin tai pidempään siivilissä ja joissakin tapauksissa papuihin lisätään tapioka-jauhoa imemään ylimääräistä kosteutta ja tarjoamaan ravintoa homeelle. Keskimääräinen indonesialainen suhteellinen kosteusprosentti on 79 %.

Lämpötilan suhteen esitetyt optimilämpötilat vaihtelevat 30 - 37 Celsiuksen välillä. Jopa niinkin matalaa lämpötilaa kuin 25 Celsiusta voidaan käyttää, mutta tempehin laatu saattaa kärsiä ja fermentointi voi kestää viisikin päivää, verrattuna 37:ssä Celsiuksessa mahdolliseen 18-20 tuntiin. Home kykenee kasvamaan jopa 44:ssä Celsiuksessa ja tuhoutuu lämpötilan noustessa 49:ään Celsiukseen jopa muutamaksi tunniksi. Yli 60 Celsiusta tapaa myöskin homeitiöt. Korkean lämpötilan ja lyhyen kypsytyksen haittapuoli on, että tempeh-kakut tuottavat tällöin helpommin itiöitä ja jotkut arvostavat myös hitaammin kypsytettyjen makua parempana. McComb (1977) esitti, että 37:ssä Celsiuksessa fermentoitu soijatempeh saattaa sisältää 38 prosenttia enemmän B12-vitamiinia, kuin 30:ssä Celsiuksessa valmistettu. Hyvänä ratkaisuna pidetään fermentointia 31:ssä Celsiuksessa, mikäli kypsytyisaika on 32 tuntia tai vähemmän.

Hapan pH ei houkuttele ruokaa pilaavia bakteereja tai kasvitaukeja, jolloin ruokaa voidaan säilyttää pidempiä aikoja. Sorenson ja Hesseltine (1966) raportoivat *Rhizopus oligosporuksen* kasvavan hyvin happamusalueella 3.4 - 6.0, mutta kasvu taantui jos kasvualusta oli happamampi kuin 3.4. Tutkittaessa homeen kasvua nestemäisissä kasvualustoissa havaittiin siinä olevan kaksi proteaasi-entsyymiä, joista toisen optimitoiminta oli pH:ssa 3.0 ja toisen 5.5, sekä molemmat toimivat varsin aktiivisesti 3:n ja 6:n välillä.

Homeen kannalta fermentoinnissa on kysymys itsensä ravitsemisesta, jolloin home tuottaa entsyymejä pilkkoakseen monimutkaisia proteiini-, rasva- ja hiilihydraattirakenteita yksinkertaisimmiksi molekyyleiksi, jota imeytyvät sen aineenvaihdunnassa ja auttavat siten mm. homeen kasvua ja lisääntymistä. Ravintoarvon paraneminen myös ihmisen perspektiivistä tapahtuu vailla tarkoitusta siinä sivussa. Koska tempehin fermentointiaika on lyhyt, lopputuotteesta vain vähän rihmastoja suhteessa kasvualustaan ja 1 - 5 prosenttia sen kiinteästä aineesta haihtuu homeen aineenvaihdunnassa. McComb (1977) osoitti ettei nettoenergiassa kuitenkaan tapahdu hävikkiä, joten ihmisen kannalta fermentoinnista on huomattavan paljon etuja, verrattuna minimaaliseen hävikkiin.

Home tarvitsee ravinnokseen hiiltä (energia ja rakenteellinen kasvu) ja typpeä (solujen rakenne), jolloin kaikista kasvualustoista *Rhizopus* hyödynsi Hesseltine et al. (1963), sekä Sorenson ja Hesseltine (1966) viitteiden mukaan soijapapujen öljy- ja rasvahappoja lipaasientsyymeillään. Wagenknecht et al. (1961) kuitenkin esitti ettei tempeh-home käyttä ravinnokseen vapautuneita rasvahappoja. Typpensä home saa siis soijapapujen aminohapoista, sekä ammoniakkia sisältävistä suoloista. Soijapavuihin on vain vähän tärkkelystä, sen hiilihydraattien ollessa enimmäkseen sukroosia, stakyoosia ja raffinoosia. Hesseltine et al. (1963) esittivät ettei home käytä ravinnokseen yhtäkään näistä, vaan saa energiansa rasvoista. Schallenberger et al. (1971) kuitenkin huomasi, että stakyoosin eli soijapapujen ilmavaivoja aiheuttavan oligosakkaridin pitoisuus pieneni 59:llä prosentilla fermentoinnin aikana samalla kun sukroosimäärät lisääntyivät 17:llä prosentilla. Kun *R. oligosporus* kasvatettiin muissa kasvualustoissa, sille todettiin maistuvan kaikkein parhaiten xyloosi, mannitoli, maltoosi, galaktoosi, fruktoosi ja glukoosi (Hesseltine et al., 1963).

Sudarmadji (1977) havainnoi lämpötilamittauksissaan fermentoinnin koostuvan kolmesta vaiheesta, joissa ensin vapautuu rasvahappoja, sitten tapahtuu pieneliöiden kasvua, minkä jälkeen organoleptiset ominaisuudet, kuten väri, maku, koostumus ja aromi muodostuvat. Näiden vaiheiden seuraaminen antaa ihmiselle mahdollisuuden havaita optimivaihe sadonkorjuulle. Ensimmäinen vaihe kestää 32:ssä Celsiuksessa ensimmäiset 30 tuntia ja se on nopean kasvun vaihe, jossa vapautuu rasvahappoja, home kasvaa vauhdilla ja useat keittämistä selvinneet bakteerit monistuvat nopeasti, kaksinkertaistaen määränsä 95:n minuutin välein. Tänä aikana kakkujen keskustan lämpötila nousee nopeasti 25:stä Celsiuksesta kypsyttämön lämpötilan lähelle 32:een Celsiukseen, jossa se pysyykin seuraavat 15 tuntia.

Tämän jälkeen tempehin oma aineenvaihdunta alkaa tuottaa lämpöä, jolloin lämpötila kakkujen keskustassa nousee 43.5:een Celsiukseen (tai 10 astetta kypsytämää korkeampaan lämpötilaan), jossa se pysyy vakaana aina 40:nneille tunnille saakka. Tässä vaiheessa maku, väri, rakenne ja aromit ovat jo muodostuneet.

Enismäisten 15:n - 20:n tunnin aikana home kasvaa silmille havaitsemattoman hitaasti, minkä jälkeen hopeanvalkoiset rihmastot ilmestyvät nopeasti papujen pintaan peittäen sen herkullisella valkoisella rihmastollaan joka paksunee asteittain täyttäen massallaan pian kaikki papujen välit. Lämpötilan noustessa huippuunsa rihmasto on sitonut pavut kiinteäksi kakuksi, minkä jälkeen alkaa toinen vaihe (30-50 tuntia), minä aikana tempehsato on valmista korjattavaksi. Lämpötila alkaa laskea samalla kun vapaiden rasvahappojen lisääntyminen, bakteerien lukumäärä, sekä homeen vegetatiivinen kasvu pysähtyvät. Kolmas pilaantumis-vaihe alkaa bakteeritoiminnan lisääntyessä ja lämpötilan laskiessa edelleen huonelämpötilaa vastaavaksi (80:n - 90:n tunnin kuluessa) ja kun pavut alkavat näkyä kostean rihmaston läpi, home on lopulta todennäköisesti kuollut. Tämän mätänemisyvaiheen loppupuolella tempeh alkaa haista ammoniakilta, sen väri tummenee, rakenne hajoaa, koostumus muuttuu tahmeaksi ja miellyttävä aromi häviää. Camembert-juuston tavoin pienissä määrin mausteena Indonesiassa käytettävä ylikypsä tempeh korjataankin 65:n - 90:n tunnin kypsyyksen välillä, ennen kuin tempeh alkaa pilaantua.

Steinkraus et al. (1960) mittasivat vastaavia muutoksia hieman nopeammassa tahdissa fermentoidessaan tempehiä 37:ssä Celsiuksessa. Heidän havaintojensa mukaan pH nousi nopeasti 5:stä 6:een ensimmäisen 22:n tunnin aikana, minkä jälkeen homeet tulivat silmin havaittavaan kasvuvaiheeseen. Lämpötilan ollessa huipussaan pH pysyi 6.3:n ja 6.5:n välillä, minkä jälkeen pH alkoi loppuvaiheen ammoniakkin muodostuksen aikana nousta 7.6:een. Van Buren et al. (1972) havaitsivat tempehin kiinteistä aineksista 52 prosenttia muuttuvan vesiliukoiseksi fermentoinnin aikana, mikä on 4.9 kertainen määrä fermentoimattomaan määrään. Anderson (1977) mittasi kaasukromatografilla tempehin sisältävän 80 haihtuvaa yhdistettä, joista useimmat muodostuivat fermentoinnin aikana, sisältäen estereitä, ketoneita ja aldehydejä, jotka yleisesti antavat makua ja aromia tempehille.

Steinkraus et al. (1961) havaitsivat että 100:sta grammasta kuivia Seneca -soijapapuja tulee liotuksen, kuorinnan, keittämisen ja kypsytämisen jälkeen 174 grammaa tempehiä, jossa kuiva-aineesta häviää 27.5 prosenttia, josta 3.9 prosenttia huuhtoutuu liotusveteen, 17.1 prosenttia häviää kuorinnassa (kuorien sisältäessä 9.7 prosenttia), 1.6 prosenttia liukenee keitetessä ja 3.9 prosenttia häviää fermentoinnin aikana. Eri tutkijoilla kuiva-aineen hävikin on raportoitu vaihtelevan 15:stä prosentista (Iljas, 1969 & 1970), 39.1 prosenttiin (McComb, 1977). Cowan (1969) analysoi kuorien sisältävän 8.8 prosenttia proteiinia, 86 prosenttia hiilihydraatteja, 1 prosentti rasvaa ja 4.3 prosenttia mineraaleja, sekä suuren osan papujen raakakuidusta. Steinkraus (1964) havaitsi papujen liottamisen yön yli huoneenlämmössä, kuivaamisen ja höyryttämisen liotusvedessä keittämisen sijaan vähentävän kiinteän aineen hävikkiä 61:llä prosentilla, mutta tällöin prosessissa on korkeampi pH, joka edistää haitallisten bakteerien kasvua fermentoinnin aikana.

Tempeh-homeilla on valtava entsyymiarsenaali, jolla on keskeinen merkitys tempehin valmistuksessa. Entsyymit toimivat muutosten katalyytteinä muuttumatta itse fermentoinnin aikana. Arvioiden mukaan ihmiskehosta löytyy vähintään 150 000 entsyymiä, joista esimerkiksi ptyaliini, jota löytyy suuhun erittyvästä syljestä kykenee pilkkomaan 50 000 erilaista tärkkelysmolekyyliä yksinkertaisemmiksi sokereiksi, jotka imeytyvät kehoon. Tempehin valmistuksessa keskeisessä asemassa ovat proteaasi-entsyymit, jotka pilkkovat proteiineja (molekyyllisidoksin aminohapoista ketjuttuneita polymeerejä) ensin polypeptideiksi ja peptideiksi, sekä tämän jälkeen vapaiksi aminohapoiksi, jotka imeytyvät ihmisen aineenvaihdunnassa erinomaisesti. Lipaasi-entsyymit puolestaan muuttavat 18-20 prosenttia soijapavun öljyistä ja rasvoista vapaiksi rasvahapoiksi, joilla on keskeinen merkitys myös tempehin makuun. Proteiinien imeytymisen kannalta näiden pilkkominen vesiliukoisiksi aminohapoiksi joko fermentoinnin, tai ruuansulatuksen aikana on välttämätöntä. Esisulatus fermentoinnissa on erityisen tärkeää huonon ruuansulatuksen omaavilla ihmisillä, tai syötäessä proteiineja jotka ovat huonosti imeytyvässä muodossa. Vanhemmilla ihmisillä, jotka ovat syöneet entsyymiköyhää kypsennettyä ruokaa haiman entsyymien erityys vähenee, jolloin he eivät välttämättä kykene enään sulattamaan ruokia joita pystyivät vaivatta syömään nuorempina.

Koska ihmisen ruuansulatus ei pysty surkastuneen umpilisäkkeensä myötä sulattamaan selluloosaa, jotkut sienet voivat tehdä sen puolestamme. Selluloosa hajoaa tällöin glukoosiksi, joka on veressämme esiintyvää sokeria. Useimmat entsyymit tuhoutuvat 60:ssä Celsiuksessa ja kaikki 90:ssä Celsiuksessa. Yksi tempehin mainioista mauista syntyy ribonukleaasi-entsyymin toiminnan tuoksena (Toyo Spinning Co., 1974).

Elektronimikroskoopilla tarkasteltuna homeen rihmastot tunkeutuvat papujen ulkokuoreen, murtaen soluseiniä ja työntyen yhä syvemmälle sisään keventäen kovia kudoksia ja paljastaen solujen sisällön ensin homeiden entsyymeille ja myöhemmin ihmisen ruuansulatukselle. Steinkraus et al. (1961) esittivät, että soijapavun yksittäiset solut pehmiävät entsyymitoiminnalle altistuessaan samalla kun soluseinät kuitenkin säilyttävät kiinteyttään.

Wang et al (1969) eristivät tempehistä antibakteerisia yhdsteitä, jotka estivät *Streptococcus cremoris*-, *Bacillus subtilis*-, *Staphylococcus aureus*-, *Clostridium perfringens*-, ja *Clostridium sporogenes* -bakteerien kasvua. Maitohappobakteerien kasvua nämä eivät estäneet. Kahdesta tutkitusta *Klebsiella pneumoniae*sta, jotka tuottavat B12-vitamiinia toisen kasvu estyi ja toisen ei. Indonesianlaiset pitävät yleisesti tempehiä hyvänä lääkkeenä dysentriaan, eli veriseen ripuliin tai punatautiin.

Raa'at soijapavut sisältävät siemenen ennen aikaista hajoamista aiheuttavien proteaasi-entsyymien toimintaa estäviä proteiineja, joita kutsutaan trypsiini-inhibiittoreiksi. Kun yksinkertaisen ruuansulatuksen omaavat eläimet, kuten ihmiset tai rotat syövät papuja, ne erittävät trypsiiniä pilkkovaa entsyymiä haimastaan. Ihmisen erittämän trypsiinin toiminnan estyminen saattaa hävittää kehosta rikkipitoisia aminohappoja, kuten kystiiniä, sekä heikentää kasvua ja rasittaa haimaa. Trypsiini-inhibiittorit inaktivoituvat kosteuden ja lämmön vaikutuksesta keitettyssä tai höyrytettyssä. 90 prosenttia soijapavun proteiineista on globuliinia, jolla on neljä eri tavoin imeytyvää fraktiota ja trypsiini-inhibiittorit kuuluvat suurimmaksi osaksi näistä yhteen. Ferrier (1977) raportoi 50-60:n prosentin kosteuteen liotettujen soijapapujen keittämisen viiden minuutin ajan tuhoavan trypsiini-inhibiittorit. Wang et al. (1972) huomasivat trypsiini-inhibiittorin vapautuvan inaktiivisesta muodostaan *Rhizopus oligosporus* proteaasientsyymien aktiivisuuden tuloksena, jolloin 30 minuttia keitettyjen papujen alkuperäisistä trypsiini-inhibiittoreista jäljelle jääneet 2 % kolminkertaistivat määränsä prosessin aikana. Inhibiittori inaktivoitui jälleen tempehiä höyryttämällä tai uppopaistamalla. Wang et al. (1975) löysivät trypsiini-inhibiittoreita soijapavusta tyydyttämättömien vapaiden rasvahappojen muodossa, jotka vapautuivat keitettyjen soijapapujen sisältämästä öljystä fermentoinnin aikana homeen erittämien lipaasientsyymien vaikutuksesta. Molemmat näistä löydöksistä viittaavat kypsentämisen olevan tärkeää tempehiä ravinnoksi käytettäessä. Kasvigeneetikot onnistuivat 1970-luvulla jalostamaan trypsiini-inhibiittorin pois soijapavuista, minkä jälkeen karjanrehuna käytettäviä papuja ei tarvinnut enään höyryttää tai keittää.

Keittämättömät soijapavut, kuten monet viljatikin sisältävät suuria määriä fytiinihappoa, joka on tärkeä fosforin lähde useimmissa siemenissä. Fytiinihappo kykenee sitomaan erityisesti kalkkia, sinkkiä, rautaa, fosforia ja magnesiumia tehden näistä kehoon imeytymättömiä ja aiheuttaen ravitsemuksellisia puutostiloja. Useimmat märehitjät erittävät fytaasi-entsyymiä, joka hajottaa fytaatit (fytiinihapon suolat), mutta ihmisellä näitä entsyymejä ei vastaavasti erity. Sudarmadji (1977) osoitti, että *Rhizopus oligosporus* homeella on erittäin vahva fytaasiaktiivisuus ja se hajottaa fytiinihappoa inositoliksi ja fosforihapoksi, poistaen tämän ravinteita sitovan vaikutuksen. Fytaasientsyymi toimii optimaalisesti pH:ssa 5.6. Keittäminen vähensi fytiinihappoa vain 14:llä prosentilla, mutta fermentointi hävitti kokonaisfytiinistä 32 prosenttia. Fytaasientsyymi tekee siis tempehistä ravitsemuksellisesti ylivertaisen keitettyihin, fermentoimattomiin soijapapuihin.

*Rhizopus oligosporus* ei eritä alfatoksiinin kaltaisia sienimyrkkyjä, eikä soijatempehissä ole havaittu alfatoksiinipitoisuuksia myöskään ulkopuolisen kontaminaation aiheuttamana. Hesseltine et al. (1966-A) havaitsivat soijapapujen olevan huono kasvualusta *Aspergillus flavus* kasvukselle tuottaakseen alfatoksiineja, vaikka home muuten siinä kasvoikin.

Näitä homemyrkkijä on löydetty maapähkinän ja kookoksen puristekakuista valmistetusta tempehistä. Ko (1974) havaitsi R. oligosporuksen tuhoavan 60 % maapähkinäkakussa itiöitysvaiheessa olevista alfatoksiineista kypsytyksen aikana. Vaikka soijapapuihin levitettiin 10-100 kertainen määrä alfatoksiinia erittävän A. flavuksen itiöitä suhteessa R. oligosporukseen, vain vähän tai ei ollenkaan alfatoksiinia löydettiin ensinmäisen kolmen päivän fermentoinnin jälkeen 30:ssä Celsiuksessa. Tämä viittaa Rhizopuksen suojaavan tempehiä alfatoksiineilta, mistä syystä riskiä alfatoksiinikontaminaatiosta ei käytännössä ole.

Useimmissa ravinnoksi käytettävissä kasveissa on yksi tai useampi antinutritiivinen tekijä, myrkkä tai ravitsemuksellinen puute. Soijapavussa tällaisia ovat metioniini-kystiini aminohappoparin puute rajoittavana aminohappona, trypsiini-inhibiittorit sekä fytiinihappo. Myös oligosakkariidien uskotaan aiheuttavan ilmavaivoja. Soijapavussa on myös runsaasti kuparia, jolla on antagonistinen vaikutus kehoissa olevaan sinkkiin. Myös jodin puutoksesta kärsivien syödessä soijapapuja, saattaa aiheutua kilpirauhasen liikakasvua ja -syöpää. Itä-Aasiassa, jossa jodia saadaan mm. runsaasti merileivistä, ei soijapapujen syönti ole pitkistä perinteistä huolimatta aiheuttanut edellä mainittuja akateemisia ongelmia. Raa'at soijapavut sisältävät lisäksi hemagglutiniineja, saponiineja, fenolisiä yhdisteitä tai isoflavoneita, sekä B12-vitamiinin tarvetta lisääviä tekijöitä, mutta kaikki näistä inaktivoituvat keitetessä tai höyrytettäessä tai eivät muuten aiheuta ongelmia ihmisille.

Pesemisen, liotuksen, kuorinnan ja keittämisen aikana noin 12 prosenttia soijapapujen nettoproteiinista häviää. Fermentoinnin aikana proteiinihävikkiä ei juurikaan enään tapahdu, mutta kuten Van Veen ja Schaefer (1950) huomasivat, suuri osa (jopa 50%) soijapavun proteiineista hajoaa vesiliukoiseksi vapaiksi aminohapoiksi fermentoinnin aikana. Perinteisillä indonesialaisilla sekalaisia kasvustoja sisältävillä itiöjuurilla ja esihapatuksella valmistetuissa tempeheissä kaikkien aminohappojen määrää lisääntyi, siinä missä moderneilla menetelmillä ilman esihapatusta saatiin vaihtelevia tuloksia. Kypsennystavoissa kolmen minuutin uppoaistaminen tuotti vain hieman hävikkiä proteiinin imeytymisessä, siinä missä 5-8 minuuttia aiheutti jo paljon tuhoa. Eniten ylikypsennyksestä kärsivät lysini ja kystiini. Tempehin kahden minuutin höyrytys 100:ssä Celsiuksessa ei vaikuttanut aminohappokoostumukseen.

24:n tunnin liotus huoneenlämpöisessä vedessä johtaa 2.5 %:n hävikkiin soijapapujen rasvapitoisuudessa ja pidempi liotusaika johtaa merkittävästi suurempaan hävikkiin. Wagenknecht et al. (1961) tutkivat höyryfaasi- kromatografilla tempehin valmistusta havaitakseen keitettyjen soijapapujen sisältävän vain yhden prosentin vapaita rasvahappoja, siinä missä 48:n tunnin fermentoinnin jälkeen 30 prosenttia havaittavista rasvoista oli hajonnut vapaiksi rasvahapoiksi, vaikuttamatta kuitenkaan kokonaisrasvapitoisuuteen. 53 % vapaita rasvahapoista oli linoleenihappoa, jota ei vapaassa muodossaan löytynyt ennen fermentointia ollenkaan. Vaikka Wang et al. (1975) huomasivat trypsiini-inhibiittorien olevan lähinnä oleiini-, , linoli- ja linoleenihapoissa, näiden vapautuminen saattaa kuitenkin olla siunaus. Wagenknecht et al. raportoivat linoleenihapon kuuluvan rasvahappoihin, joita home käyttää aineenvaihduntaansa ja kasvuunsa, jolloin home syö siitä 40 %. Koska rasvahappoja vapautuu eniten ensinmäisen 30:n tunnin fermentoinnin aikana (Sudarmadji, 1977), jolloin rihmastojen kasvu on vielä vähäistä, on aiheellista olettaa että rasvahappojen vapautuminen tapahtuu bakteeritoiminnan tuloksena. Sudarmadji havaitsi myös tempehin uppoaistamisen kookosöljyssä siirtävän vapaita rasvahappoja uppoaistoöljyyn. Neutraaleista öljyistä tai näiden alkoholin kanssa muodostamista estereistä, eli glyserideistä muodostui kuitenkin lisää vapaata linoleenihappoa, mikä korvasi paistoöljyyn menetetyt linoleenihapon. Vaikka uppoaistaminen lisäsi tempehin rasvapitoisuutta 300:lla prosentilla, ei vapaiden rasvahappojen määrä kasvanut ollenkaan.

Hiilestä, vedystä ja hapestä koostuvat hiilihydraatit jaetaan ihmiselle energiaa antaviin sokereihin ja tärkkelyksiin, sekä elimistössämme sulamattomiin ravintokuituihin, kuten selluloosa ja kitiini. Hiilihydraatteja, joita ei voi enään pilkkoa yksinkertaisemmiksi sokereiksi, kutsutaan monosakkarideiksi (fruktoosi, glukoosi ja galaktoosi). Seuraavaksi monimutkaisin ryhmä ovat disakkaridit, kuten sukroosi, maltoosi ja laktoosi. Monimutkaisin ryhmä ovat polysakkaridit, kuten tärkkelys ja glykogeeni, selluloosa, kitiini ja oligosakkaridit.

Ihmiselimistö pystyy käyttämään monosakkarideja suoraan energianlähteinään. Polysakkaridit ovat hitaasti sulavia, sillä ennenkuin elimistö pysyy niitä hyödyntämään ne on pilkottava monosakkarideiksi. Soijapavussa on 34 prosenttia hiilihydraatteja, josta pääosa on sukroosia, ja loput stakyoosia, pentosaaneja, galaktaaneja, sekä raffinoosia. Vaikka tärkkelystä on yleisesti keskenkasvuisissa pavuissa, sitä esiintyy kypsissä pavuissa vain vähän tai ei ollenkaan. Stakyoosi ja raffinoosi ovat oligosakkarideja, monimutkaisia polysakkarideja, joiden uskotaan olevan pääasiallinen ilmavaivojen aiheuttaja fermentoimattomia soijapapuja syötäessä. Stakyoosimolekyyli sisältää raffinoosia ja Shallenberger et al. (1976) havaitsivat soijapapujen liotuksen ja keittämisen vähentävän tempehin raffinoosia 52 prosenttia, stakyoosia 49 prosenttia ja sukroosia 59 prosenttia. 48:n tunnin fermentaation aikana stakyoosipitoisuus vähenee toiset 59 prosenttia sukroosin alentuessa 17 prosentilla ja väheneminen jatkuu 72:een tuntiin saakka, kunnes stakyoosia ei ole enään ollenkaan. Oligosakkaridien vähentyminen poistaa ilmavaivoja aiheuttavat ongelmat ja sukroosin vähentyminen ilmenee tempehistä saatavan energian ja kalorien hävikkinä. Palkokasveihin liittyvien ilmavaivojen syntyteoria perustuu siihen, että ihmisen ruuansulatus ei pysty pilkkomaan polysakkarideja kuin vasta ileumissa (ohutsuolen loppuosassa), jossa *Clostridium perfringens* -bakteerit muuttavat sokerit sukroosiksi, joka puolestaan tuottaa suolessa hiilidioksidia, vetyä ja metaania aiheuttaen piereskelyä.

Tempehin on todettu sisältävän vähintään kahdeksaa B-ryhmän vitamiinia. Steinkraus et al. (1961), Roelofson ja Thalens (1964), Murata (1965, 1970), Noparatnaporn et al. (1977) sekä Liem et al. (1977) tutkivat B-vitamiineissa fermentoinnin aikana tapahtuvia muutoksia. Keskiarvona kaikista tuloksista 100:ssa grammassa tempehiä tiamiini (B1) putosi 0.48:sta mg:sta 0.28 mg:aan, riboflaviini (B2) nousi 0.15 mg:sta 0.65 mg:aan, niasiini nousi 0.67 mg:sta 2,52 mg:aan, pantoteenihappo nousi 430 mikrogrammasta 529 mikrogrammaan, pyridoksiini (B6) nousi 180 mikrogrammasta 830 mikrogrammaan, foolihappo nousi 25 mikrogrammasta 100 mikrogrammaan, syanokobalamiini (B12) nousi 0.00015 mikrogrammasta 3.9 mikrogrammaan ja biotiini nousi 35 mikrogrammasta 53 mikrogrammaan.

B12-vitamiinitasojen nousu tapahtui Liem et al:n tutkimuksissa, jossa käytettiin perinteistä sekalaisia kasvustoja sisältävää itiöjuurta. Tiamiinipitoisuus pienenee, koska home käyttää sitä ravinnokseen. Viljojen kohdalla ilmiö on vastaava. Mitä pidempään fermentointia jatketaan, sen enemmän B-vitamiineja syntyy, mistä johtuen ylikypsässä tempehissä voi olla kaksinkertainen määrä B-vitamiineja keitettyihin soijapapuihin verrattuna. B12-vitamiinin tuottamisesta vastaa Klebsiella pneumoniae -bakteeri, joka on gram-negatiivinen sauvan muotoinen kanta, joka ei ole herkkä tempeh-homeiden tuottamille antibakteerisille yhdisteille. Kyseessä on laajalle levinnyt bakteeri, jota löytyy yleisesti ruohikosta ja muusta kasvustosta, sekä kuumasta indonesialaisissa tempehpajoissa esifermentointiin käytettävästä vedestä ja tietenkin ilmasta. Homeet ja nämä bakteerit kasvavat nopeasti lämpötilan ollessa 30-37 Celsiusta. Curtis (1977) raportoi, että myös Enterobakteeri ja sen kaltaiset bakteerit voivat tuottaa B12-vitamiinia, mutta vain prosentin verran suhteessa Klebsiellaan. Klebsiella pneumoniae tunnettiin aiemmin nimellä *Aerobacter aerogenes*. Steinkraus ja Hesseletine eivät esimerkiksi pidä Klebsiellaa terveystorjinnassa, sillä sitä on jo runsaasti ympäristössämme. Useimmat Klebsiella-kannat eivät ole patogeenisiä, se ei muodosta itiöitä ja kuolee itse tempehiä ruuaksi valmistettaessa syntyvästä kuumuudesta. Noparatnaporn et al. (1977) huomasi, että jos tempeh valmistetaan kuorineen jauhetusta soijapavusta, voi sen B12-vitamiinitaso kasvaa 89:llä prosentilla (0.17 mikrogrammaan / 100 grammaa tempehiä), mikä saattoi johtua B12-vitamiineja syntetisoivien bakteerien läsnäolosta siemenkuorissa.

Tempehin sadonkorjuu silloin kun se on parhaimmillaan on ollut pitkään taiteenlaji, jolle tutkijat ovat etsineet selviä havaittavissa olevia tunnusmerkkejä. Steinkraus et al. (1960) saivat makupaneelien perusteella tuloksen, että maku on parhaimmillaan kun pH on 6.5 ja liukoisten kiintoainesten osuus noin 21 prosenttia. Kuivattuna tai paistettuna tempeh säilyy pitkään homeen erittämien vahvojen antioksidanttien vuoksi. Soijaöljyssä helposti hapettuvan monitydyttymättömän linolihapon, sekä jossain määrin linoleenihapon korkea pitoisuus, erityisesti vapaassa muodossaan aiheuttaa esim. soijajauhon pilaantumisen kuukauden kuluessa ilmakosketuksesta. Kuivatusta tempehistä jauhettu jauho kuitenkin säilyy antioksidanttien vuoksi hyvänä jopa puolitoista vuotta. György et al. (1964) eristivät tempehistä kolme antioksidanttia: 6,7,4'-trihydroxyisoflavonin, genesteinin ja daidzeinin.

Murata kollegoineen eristi vielä lisäksi antioksidantin nimeltä "0.58 substanssi". Kolme ensin mainittua syntyvät homeiden aineenvaihdunnassa fermentoinnin aikana. Tempeh osoittautui myös Steinkraus et al. (1961) tutkimuksessa olevan hyvin vastustuskykyinen öljyjä pilaavien peroksidien muodostumiselle. György et al. (1974) havaitsivat että muitakin kasviöljyjä voidaan suojata hapettumiselta lisäämällä näihin tempehistä heksaanilla/alkoholilla (2:1) eristettyä öljyä. Antioksidanttien vaikutus esiintyy vain kuivatussa tempehissä, eivätkä ne pysty estämään tuoretta tempehiä pilaantumasta. Pilaantuminen alkaa kuusi tuntia sadonkorjuun jälkeen ja ilmenee ensin tuoreen aromin muuttumisesta pähkinäiseksi, värin muuttuessa vaaleasta kellertäväksi ja myöhemmin pinnan muuttuessa ruskeaksi ja vetiseksi, hajun muuttuessa vastenmieliseksi ja kahden päivän kuluessa vahva ammoniakkin muodostuminen on hajuastein havaittavissa.

## 8. ONCHOM

Onchom (onchom merah, tai beureum) on Läntisellä Jaavalla perinteien fermentoitu ruoka, jota valmistetaan joko maapähkinän puristekakusta tai okarasta (ampas tahu, soijamaidon jämät). Onchom itiöitetään *Neurospora*-homeen itiöillä. Lopputulos muistuttaa tempehiä, mutta on väriltään oranssia. Indonesiassa myös *Rhizopus*ksella itiöitettyjä tuotteita on kutsuttu onchomiksi, mutta Läntisellä Jaavalla näitä kutsutaan joko mustaksi tai valkoiseksi onchomiksi.

Esimerkiksi Intiassa esiintyy paljon aliravitsemusta proteiinin suhteen, vaikka sieltä lähetetään teollisuusmaihin karjanrehuksi vuosittain tuhansia tonneja proteiinirikkaita maapähkinäöljyn puristekakkuja, jotka voitaisiin tällä tavoin jalostaa myös ihmisravinnoksi (Onchom bandung tai Onchom kachang tanah).

Perinteisesti onchom-pajan pitäjä vie oranssit kakut torille myytäväksi, asettaen ne vihreille banaaninlehdille houkuttelemaan väriloistollaan asiakkaita. Ostettuaan Onchomia, ihmiset yleensä suolaavat ne kevyesti ennen uppoaistamista ja syövät sipseinä (Kerip Onchom), kassavan kanssa palloiksi pyöriteltyinä snackseina (Chombro), 6:n senttiä sivuiltaan olevina ohuina kolmioina, jotka dipataan ohueen taikinaan ennen uppoaistamista (Onchom Goreng), kastikkeella höyrytettyinä tai keittoina. Buras on resepti, jossa onchom laitetaan liotetusta valkoisesta riisistä tehdyn palleron keskelle, kääritään banaanin lehteen ja höyrytetään 40 minuuttia, minkä jälkeen syödään piknikillä lounaaksi lehtikääreessään kuljetettuna.

Onchomin kaunis väri tulee *neurospora* -homeen rihmastoista. Ho julkaisi laajan katsauksen onchomista vuonna 1976, jolloin 71 kasvustoa eristettiin sekä maapähkinä-, että soijaokara-kakuista. Jokaisesta näytteestä löytyi *Neurospora intermedia* -home, jota aikaisemmin nimitettiin *Neurospora sitophilaksi*, joka on todellisuudessa harvemmin onchomissa käytetty home. Ennenkuin *Neurosporan* suvullista lisääntymistä tunnettiin, sitä nimitettiin *Monilia sitophilaksi*, aureaksi tai *Oidium lupuliksi*. Kuten Tempehissä, *Neurospora* levitetään kakkuihin itiöjuurena. Ennen fermentointia höyrytetty maapähkinäöljyn puristekakut ovat ruskean harmaita. Myös tapiokajauhon valmistuksessa sivutuotteena jäävä "onggok" voidaan lisätä onchomiin. Sadassa grammassa Maapähkinä-onchomia on keskimäärin 13 prosenttia proteiinia, 6 prosenttia rasvaa, 22.6 prosenttia hiilihydraatteja, 187 kaloria, 3.1 mikrogrammaa B12-vitamiinia ja sen kosteusprosentti on 57. Bandungissa maapähkinät valmistetaan kevyesti puristaen ennemminkin onchomia varten kuin öljynpuristusta varten, jolloin isommista palasista tulee erinomainen koostumus onchomiin, parempi maku ja korkeampi ravintoarvo. Soija-okarasta valmistetussa onchomissa (onchom tahu), jota valmistetaan lähinnä Bogorin kaupungissa on havaittu 12 % proteiinia ja 2.3 mikrogrammaa B12-vitamiinia 100:aa grammaa kohden.

Vaikka Indonesiassa ei kokonaisia soijapapuja ole perinteisesti valmistettu Onchomiksi, havaitsi Keith H. Steinkraus vuonna 1965 siitä syntyvän maukasta mantelinmakuista kakkua, jota oli yhtä helppo valmistaa kuin tempehiäkin. Soijapavut kuorittiin, liotettiin 17-18 tuntia 25 Celsiuksessa vedessä, josta 1.5-2 prosenttia oli 85-prosenttista maitohappoliuosta. Papuja keitettiin liotusvedessään 90 minuuttia, kuivattiin, jäädytettiin 30:een Celsiukseen ja itiöitettiin grammalla puhtaaksi viljeltyä Neurospora suhteessa 1000:tta grammaa keitettyjä papuja. Sekoittamisen jälkeen kypsytettiin kuten tempehiä 30:ssa Celsiuksessa 35-40 tuntia, kunnes olivat oranssin rihmaston peittämiä kiinteitä kakkuja. Neurosporas ei kestä yli 32:n Celsiuksen lämpötilaa ja esihapatuksessa sopiva pH oli 4.6, joka nousi kypsymisen aikana 7.5:een. Neurosporas käytti ravinnokseen mm. glukoosia.

Fermentoitujen maapähkinä- ja kookos-ruokien mahdolliset alfatoksiinipitoisuudet ovat olleet yleinen huolenaihe sen jälkeen kun 100 000 kalkkunaa ja ankkua kuoli Englannissa vuonna 1960 syötyään homeisia Brasiliasta tuotuja maapähkinän puristekakkuja. Aspergillus flavus ja A. parasiticus -homeet tuottavat alfatoksiinia ja sitä esiintyy yllämainittujen lisäksi maississa ja puuvillansiemenissä. Alfatoksiinit on jaoteltu sinisiin ja vihreisiin, sillä ne näyttävät siltä ultraviolettivalossa tarkasteltuna. Kun tuoretta hyvälaatuista maapähkinäpuristekakkua käytetään onchomin valmistukseen, Aspergillus kontaminaation riski on olematon. Ko Swan Dijen (1974) osoitti, että Neurosporas suojaa onchomia alfatoksiineilta, sillä vaikka A. flavusin itiöitä lisättiin kakkuihin 10-100-kertainen määrä verrattuna Neurosporan itiöihin, rajoitti Neurosporas Aspergillusin kasvua eikä alfatoksiineja löydetty juuri lainkaan 2-3 päivää fermentoiduista kakuista. Kun kakut itiöitettiin ainoastaan Aspergillusilla, se kasvoi voimakkaasti ja tuotti runsaasti alfatoksiineja.

Yleensä huonosti varastoidut maapähkinän puristekakut kontaminoituvat Aspergillusilla 3-7:n päivän kuluessa puristamisesta. Mitä pidempään kakkuja varastoidaan, sen enemmän niihin tulee alfatoksiineja. Jos kakkuja voidaan säilyttää puhtaassa alle 12:n kosteusprosentin viileässä lämpötilassa, ne säilyvät paremmin. Käytännössä puristekakut pitäisi valmistaa onchomiksi välittömästi näiden tuottamisen jälkeen. Hamaker (1978) havaitsi tuoreena 45 minuuttia höyrytettyjen onchom-kakkujen noin kolmen ja puolen tunnin aurinkokuivaamisen aikana kosteusprosentin tippuvan 60:stä 40:ään, jolloin tuote säilyy noin viikon. Hän myös suositteli reijitettyjä pusseja käytettäväksi, kuten tempehissäkin.

Moderni genetiikka ja biokemia kehittyi Neurospora crassan tutkimuksen ympärille (Oranssi leipähome). Neurosporas kuuluvat tryffeleiden, huhtasienten, jäkälien ja hiivojen kanssa Ascomycete -luokkaan, johon kuuluu 30 000 lajia. Neurospora intermedia voi olla eri kypsyysvaiheissaan oranssi, keltainen, vaaleanpunertava tai persikan värinen. Neurospora tuottaa sekä aseksuaalisia, että seksuaalisia itiöitä. Aseksuaaliset itiöt ovat hienon pölyn kaltaisia ja muodostuvat ilman itiöpesäkkeitä rihmastojen kärjissä. Seksuaaliset itiöt syntyvät mustissa itiöemissä ja ovat mustia. Siinä missä metsäpalo tappaa aseksuaaliset itiöt, se herättää seksuaaliset itiöt ja tummaa hiilipintaa vasten onkin helppo nähdä pinkit ja oranssit rihmastot, jotka alkavat pian kasvaa hiiltyneessä puussa. Saono (1974) tutki 17 onchom-näytettä ja löysi niistä kymmentä eri hiivaa, enimmäkseen Candidan muotoja, viittä homelajia (2 Neurospora, 2 Mucoria ja yksi Aspergillus oryzae). Hamaker (1978) löysi myös suuren määrän coccus ja bacillus -bakteereja. Neurospora intermedian rihmastot koostuvat usein eri sukupuolista, joilla on erivärinen pigmentaatio, joka vaihtaa väriään erilaisissa kasvuvaiheissaan tai valolle herkistyessään. Jotkut alkavat värittömästä, muuttuvat lohen punaiseksi ja lopulta oranssiksi, jotkut taas alkavat värittöminä, muuttuvat pinkeiksi, oransseiksi ja lopulta sahramin keltaisiksi. Kypsytyksen aikana Neurosporas erittää proteaasi-, lipaasi- ja amylaasientsyymejä, jotka jalostavat onchomin sellaiseksi kuin se on.

Lähde:

The Book of TEMPEH - A Super Soyfood from Indonesia,  
William Shurtleff & Akiko Aoyagi, Professional Edition (ISBN 0-06-014009-7)  
(julkaistu vuonna 2001 toisena painoksena / ISBN: 1580083358)

lisätietoja, sekä itiöjuuren (starterin) postimyyntiä: <http://www.tempeh.info>

## LIITE:

### Kasvisravintola Verson keittiön muistiinpanoja:

#### Yleistä:

- 18-20 % proteiinia (hyvin sulavaa)
- B12 tulee bakteereilta (ei ylihygieniää)
- Hyvä ihmisille, jotka yrittävät päästä eroon lihasta
- Hyvä anemiaa vastaan
- Hyvä seksuaalienergialle
- Hyvä fyysistä työtä tekeville (lihasten rakennusaine)

Valmistus: 2 g starteria / 1 kg papuja

Pese pavut.

Kuorien poisto (tärkeää, muuten home ei pääse papuun)

- Pavut kylmään veteen (1:2)
- kiehauta ja ota pois levltä
- anna liota siinä noin 8 tuntia
- puristele papuja (kuoret sormiin) (Shiatsu)
- lisää kylmää vettä ja kaada kuoret pois
- toista kunnes kaikki kuoret ovat pois

Keitä 40 min (pavut veden peitossa)

Poista vesi ja jäähdytä ja kuivaa kunnes ei enää polta kättä

Lisää starter pikkumäärään papuja

Sekoita muiden kanssa

Pane reijitettyihin pusseihin (alle 4 cm etäisyyksillä toisistaan)

Kynttiläsulje pussit

Laita käymään (Lämpötila 30 Celsiusta)

(jos lämpötila on > 35 Celsiusta, tulee liikaa bakteereja.)

(jos lämpötila > 40, hiiva kuolee)

(yleisin syy epäonnistumiseen on liian korkea lämpötila)

24 tuntia

Tempeh - home pitää pH < 7

Bakteerit pitää pH > 7

Kun valmis, pane ehjiin pusseihin (tiiviys) ja kynttiläsulje pussit.

Säilyy kymmenen päivää jääkaapissa.

Jos vesi on liian kovaa, lisää n. 1 tl etikkaa / 1 kg papuja 30 min keittämisen jälkeen.

TEMPEH STARTER: (Puhdas ympäristö)

- Valkoista riisiä (ei kuorta)
- Keitä runsaassa vedessä n. 3 min
- Sterilisoitu ja kosteutettu riisi jäähdytetään ja kuivataan
- lisätään vähän starteria
- Laita puhtaaseen vuokaan eri ohut kerros
- Päällystä muovikelmulla
- Reijitä kelmu
- Käytä kuten Tempeh:

1. päivä: Kasvata Tempeh-hometta

2. päivä: Ota kelmu pois (kuivuu --> alkaa tuottaa itiöitä)

3. päivä: Kun kuivaa, jauha riisilevy jauhoksi ja laita kuivaan purkkiin.