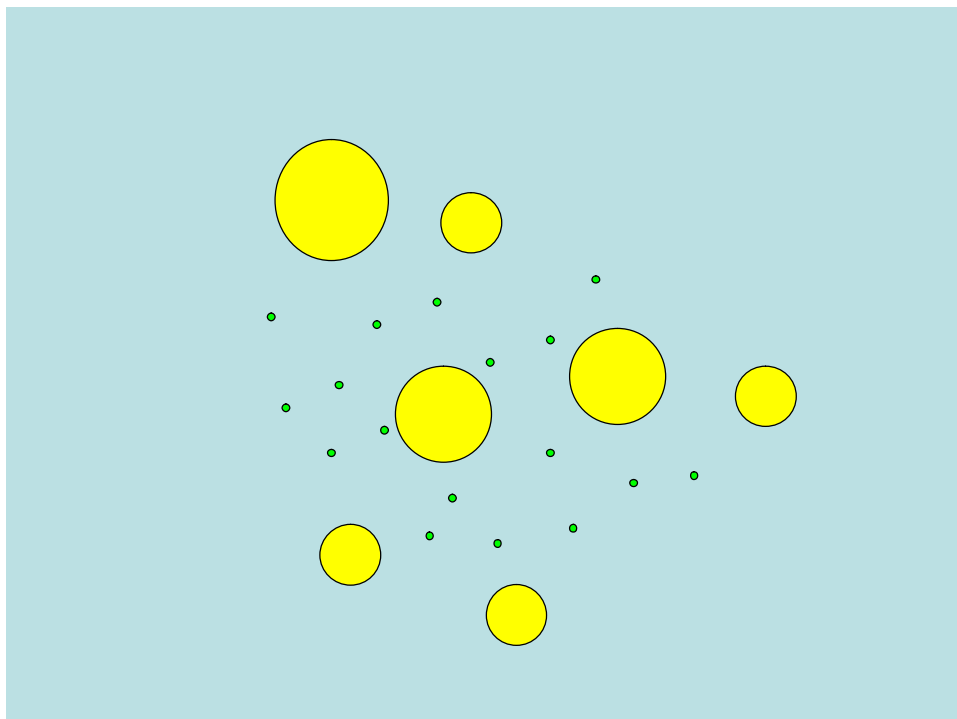


Kemiaa keittiössä

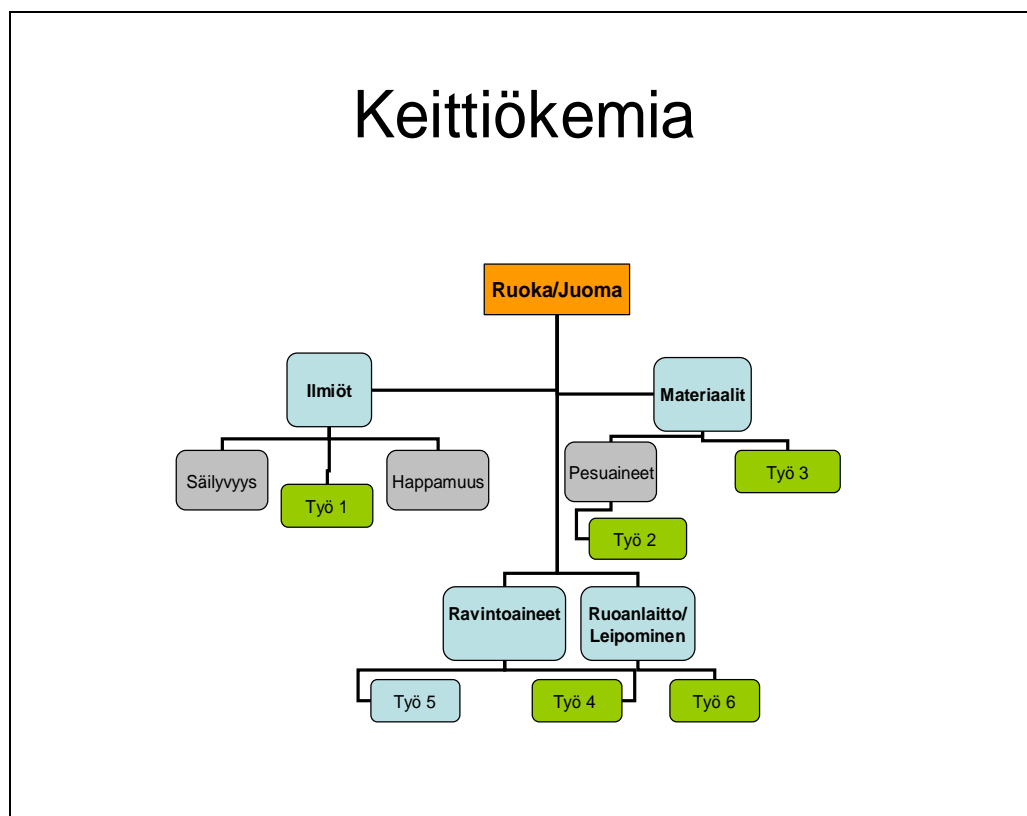


Maarit Makkonen & Maija Aksela
Kemian opetuksen keskus
Kemian laitos
Helsingin yliopisto
2006

Alkusanat

Kemiaa keittiössä –teema sisältää monia mielenkiintoisia kemian aiheita ja ilmiöitä (ks. Kuva 1), joita voidaan opiskella oppitunneilla eri asteilla. Tässä monisteessa esitellään muutamia kokeellisia tutkimuksia, joiden avulla voidaan tukea valtakunnallisten opetussuunnitelmien perusteiden mukaista opiskelua ja oppimista. Tutkimuksia voidaan tehdä joko demonstraatioina tai oppilastöinä tai yhteistyössä muiden oppiaineiden kanssa.

Kemiaa keittiössä–teema voidaan luokitella monin eri tavoin. Tässä monisteessa ruoka/juoma on luokiteltu pääkäsitteeksi, joka jakautuu neljäksi päähaaraksi: ilmiöt, materiaalit, ravintoaineet sekä ruoanlaitto ja leipominen. Kuvaan 1 on laitettu muutamia esimerkkejä tutkittavista aiheista sekä niihin liittyvät kokeelliset työt tässä monisteessa.



Kuva 1. Esimerkkejä keittiöön liittyvästä aiheista.

Kemiaa keittiössä–teeman avulla voidaan kemian ilmiöitä ja käsitteitä käsitellä monipuolisesti. Ruoansäilöntä sisältää monia käsiteltäviä kemian asioita. Osmoosi on yksi mielenkiintoinen tutkittava ilmiö. Ruoanlaittoon ja leipomiseen liittyy useita eri asioita, jotka hyvä ruoanlaittaja osaa ottaa huomioon. Monet kastikkeet ovat mielenkiintoisia rasvan, veden ja ilman muodostamia emulsioita, jonka koostumus pitää olla juuri sopiva kastikkeen onnistumiseksi. Materiaalikeemiaa ei ole syytä unohtaa keittiökemiasta. Materiaalien oikealla valinnalla voidaan säästyä monilta epäonnistuneilta aterioilta. Veden pintajännitys liittyy olennaisesti pesuaineiden tehoon ja käyttöön.

Oppilaiden näkökulmasta keittiökemia herättää usein innostusta sen arkipäiväisyyden johdosta. Elintarvikekemian kuuluu perusopetuksen 7.-9. luokilla lähinnä orgaanisen kemian

osuuteen, mutta aiheita voidaan käsitellä myös ilmoiden yhteydessä. Aiheen opettaminen antaa paljon mahdollisuuksia luoda innostusta kemiaan ja muihin lähellä oleviin oppiaineisiin. Kemian lisäksi keittiö liittyy läheisesti myös kotitalouden, biologian, terveystiedon ja fysiikan opiskeluun. Keittiö tarjoaakin suunnattomat mahdollisuudet eri oppiaineiden opettajien väliselle yhteistyölle. Esimerkiksi gluteenipullien ja bernaisekastikkeen valmistus on mukavia töitä, jotka voi erinomaisesti liittää kotitalouden tunnille. Gluteenipullatyö selvittää hyvin, miksi pullasta tulee sitkeää.

Kokeelliset työt on testattu Kemian opetuksen keskuksen (LUMA-keskus) aineenopettajille järjestetyissä Kemiaa keittiössä –työpajoissa vuonna 2005. Otamme ilomielin vastaan palautetta sekä onnitumisen elämyksistä että vinkeistä ohjeiden muokkaamiseksi (osoite: kem-ope@helsinki.fi)!

Iloa keittiön kemian kokeellisesta opiskelusta!

Helsingissä 28.4.06

Maarit Makkonen
Maija Aksela

Sisällys

1. Alkujuoma-demonstraatio	4
2. Pintajännitystutkimus	4
3. Väriaineet ja alumiinikattila	6
4. Gluteenipullat.....	6
5. Maitoliima	7
6. Bernaisekastike	8

Lähteet

Kansikuvassa on kuvattu maidossa olevia rasvapalleroita ja pieniä proteiinimolekyylejä.

1. Alkujuoma -demonstraatio

Resepti:

1 tl sitruunahappoa

1 tl ruokasoodaa

2 tl sokeria

2 dl mehua

Työn suoritus: Sekoita aineet keskenään.

Selitys:

Sitruunahapon ja ruokasoodan reagoiessa syntyy vettä ja haluttua hiilidioksidia. Sokeri peittää syntyneen seoksen kirpakkaa makua. Jääpala kelluu veden pinnalla, koska vesi on tiheämpää kuin jää. Tämä on ainutlaatuinen ominaisuus, joka selittyy vahvoilla vetysidoksilla. Juomien hapokkuuden nostamiseksi niihin liuotetaan hiilidioksidia, joka muodostaa vedessä hiilihappoa. Hiilidioksidi poolittomana aineena on kuitenkin melko heikkoliukoinen polaariseen veteen ja avonaisessa astiassa se pyrkii ulos vedestä kaasuna. Kuplien muodostuminen vaatii kuitenkin veden pintajännityksen rikkomista ja siten myös energiaa. Aluksi, kun hiilidioksidia on paljon nesteessä, kuplat nousevat helposti. Pienikin särö lasissa alentaa veden pintajännitystä ja helpottaa siten kuplien syntymistä. Siksi kuplat nousevat tietyistä kohdista. Kun hiilihappoa on enää vähän jäljellä, kupliminen vähenee. Suolan tai muun rakeisen aineen lisääminen nesteeseen toimii myös pintajännityksen alentajana, mikä helpottaa kuplien muodostumista.

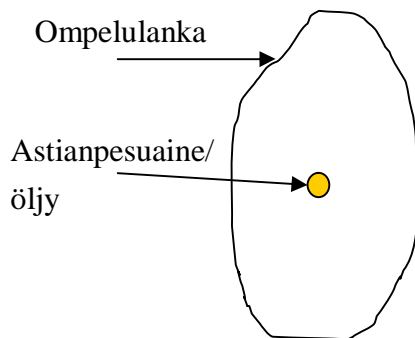
2. Pintajännitystutkimus

Tarvikkeet:

Iso petrimalja tai kulho, ompelulanka, astianpesuaine, öljy, elintarvikeväri ja pumpulipuikko

1. tutkimus:

Täytä petrimalja tai kulho vedellä. Solmi ompelulangasta pieni ympyrä ja laita se veden päälle. (kts. kuva 2) Tiputa ympyrän sisään hieman astianpesuainetta. **Havainnoi tapahtumia.** Toista koe öljypisaralla. Muista huuhdella astia hyvin kokeiden välillä. **Mitä huomaat?**



Kuva 2.

2. tutkimus

Laita vettä kulhoon tai isoon petrimaljaan. Kostuta pumpulipuikon toinen pää elintarvikeväriä ja toinen öljyssä. Aloita kostuttamalla veden keskikohtaa elintarvikeväripäällä ja sen jälkeen öljyllä. Vuorottele tällä tavalla kunnes olet saanut kauniin kuvion. Voit kostuttaa veden pintaa paperilla, jolloin saat pienen kauniin taideteoksen. Tee sama koe uudestaan, mutta vaihda öljy astianpesuaineeseen. **Mitä huomaat?**

Selitykset:

Veden suuri pintajännitys on yksi veden tärkeimmistä ominaisuuksista, joka selittää monia arkipäivän ilmiöitä. Esimerkiksi kevyet hyönteiset voivat hypellä veden päällä, koska veden pinta on ikään kuin ohut kalvo. Vesimolekyylissä hapen ja vetyjen välisestä varausjakaumasta johtuen vettä sanotaan dipoliksi.

Vesimolekyylit eivät ole irrallaan toisistaan vaan yhden vesimolekyylin happi vetää puoleensa toisen vesimolekyylin vetyä, jolloin syntyy suhteellisen vahva vetysidos. Veden pinnalla olevat vesimolekyylit ovat sitoutuneina viereisiin ja pinnan alla oleviin vesimolekyyleihin erityisen tiukasti vetysidoksin pyrkien näin mahdollisimman pieneen tilaan. Veden tiheys pinnalla onkin suurempi kuin muualla vedessä. Tästä johtuen kevyet, poolittomat ja hauraatkin aineet, kuten rasvat kelluvat helposti veden pinnalla, koska vesi ei helposti tunkeudu niiden sisään vaan molemmat aineet muodostavat oman faasin.

Tensidit eli pinta-aktiiviset aineet ovat aineita, joissa on sekä pooliton, että polaarinen pää. Niistä jälkimmäinen voi tunkeutua vesifaasiin ja rikkoa näin pinnan rakenteen. Veden pintajännitys alenee ja vesi joutuu ottamaan lisää pinta-alaa. Muun muassa astianpesuaineet ovat tensidejä ja pesuteho perustuu tähän ilmiöön tarttuen rasvapalleroihin ja kuljettamalla lian vesifaasiin.

Langan tapauksessa pesuaine tunkeutuu veden ja langan väliin ja alentaa veden pintajännitystä, jolloin vesi tarvitsee lisätilaa. Langan muodostama ympyrä leviää ja väistyy lopulta astian reunalle. Samalla vesi pääsee tunkeutumaan langan huokosiin, jolloin sen tiheys kasvaa yli veden tiheyden ja lanka putoaa painavampana pohjaan.

Elintarvikevärit ovat poolittomia yhdisteitä ja eivät näin helposti liukene veteen, mutta rasvoihin ne liukenevat hyvin. Kun elintarvikeväriä ja öljyä kostutetaan vedessä, syntyy kauniita kuvioita, jotka pysyvät veden pinnalla. Pesuaine sitä vastoin työntyy värin ja veden rajapintaan alentaen pintajännitystä ja työntäen värin reunalle.

3. Väriaineet ja alumiinikattila -tutkimus

Tarvikkeet:

alumiini- ja teräskattila, kurkumaa, vettä, astianpesuainetta ja raparperia

Työohje:

Ota vettä alumiinikattilaan ja sekoita sinne noin 1 maustemitallinen kurkumaa tai muuta värjäävää maustetta. Keitä noin 1 minuutti. Miltä vesi näyttää? Kaada vesi pois ja huuhtelee kattila pari kertaa kylmällä vedellä. Miltä kattilan sisäpinta näyttää? Lisää yksi pisara astianpesuainetta ja lämmintä vettä ja pese kattila tiskiharjalla. Miltä sisäpinta nyt näyttää? Lisää 2 dl vettä ja noin kymmenen pientä raparperin palaa ja keitä noin 1 minuutti. Miltä vesi näyttää? Kaada vesi ja raparperit pois ja huuhtelee kattila vedellä. Miltä sisäpinta nyt näyttää? Tee sama teräskattilalla. Huomaatko eroa?

Selitykset:

Alumiinilla on taipumus muodostaa hapen vaikutuksesta metallin pinnalle ohut alumiinioksidikerros Al_2O_3 , joka suojaa sitä korroosiolta. Pinta on kuitenkin melko hauras ja sitoo itseensä helposti eri aineita. Mausteissa olevat väriaineet tarttuvat helposti alumiinioksidiin ja pinta värjäytyy eikä väriaine lähde pois huuhtelemalla eikä tiskiaineella. Raparperissa on oksaalihappoa, joka liuottaa alumiinioksidia ja samalla väriaineen. Teräskattiloissa ei ole tällaisia ongelmia ja siksi ne ovat hygieenisempiä ja soveltuvat paremmin happamien aineiden keittämiseen. Alumiinia on kuitenkin käytetty paljon keittiömateriaalina, koska sen on kevyttä, sillä on paljon suurempi lämmönjohtokyky kuin teräksellä ja se on lisäksi melko halpa raaka-aine.

4. Gluteenipullat

Tarvikkeet:

Vehnä- ja ruisjauhoa, pieni astia, vettä (ja siivilä)

Sekoita kolme ruokalusikallista vehnäjauhoa ja yksi ruokalusikallinen vettä. Alusta taikinaa kunnes taikina on sitkeää (noin 160 kertaa). Anna taikinan seisoa noin 10 minuuttia. Alusta taikinaa sen jälkeen kylmän, juoksevan veden alla. Saadaksesi kiinni irtoavat taikinapalat pidä alla siivilää. Kun pesuvesi alkaa kirkastua, voit lopettaa alustamisen. Tunnustele ja venytä taikinaa. **Miltä se vaikuttaa? Minkä kokoinen se on alkuperäiseen taikinaan verrattuna?** Muodosta taikinasta pallo ja litistä ylimääräinen vesi pois. Paista pulla uunissa $200^{\circ}C$:ssa noin 20 minuuttia. Mitä voit sanoa nyt pullan koosta? Halkaise pulla. Miltä pulla näyttää sisältä päin? Tee sama ruisjauhoilla ja vertaa tuloksia.

Selitykset:

Alustuksen aikana jauhojen aineosat sitovat itseensä vettä ja turpoavat. Vehnäjauhoissa on pääosin kahta eri proteiinia; gluteeniini ja glianiini. Alustuksessa ne liittyvät yhteen kolmiulotteiseksi verkoksi, gluteeniksi, johon muut aineosat kiinnittyvät. Tämän ominaisuuden vuoksi näitä kutsutaan sitkoproteiineiksi. Glianiini tekee taikinasta venyvää ja pehmeää ja gluteeniini kestävä. Taikinaa pestäessä tärkkelys ja muut vesiliukoiset aineet huuhtoutuvat pois ja jäljelle ja pääosin sitkoproteiinit. Taikina on pienentynyt noin kolmannekseen ja tuntuu vanhalta purukumilta. Paistettaessa ilmakuplat laajenevat ja proteiiniverkko jähmettyy. Valmiissa leivässä näkyvät

proteiiniverkkoa ja niiden välissä olevia huokosia. Ruis- ja muilla jauhoilla ei näitä proteiineja ole ja niillä ei siksi ole hyviä sitko-ominaisuuksia. Näihin jauhoihin lisätäänkin joskus vehnystä eristettyjä sitkoproteiineja leipoutuvuuden parantamiseksi. Ruisjauhossa olevat proteiinit saavat sitko-ominaisuuksia pH:n alentuessa, mitä käytetään hyväksi hapanleipää leivottaessa.

5. Maitoliimatutkimus

Tarvikkeet:

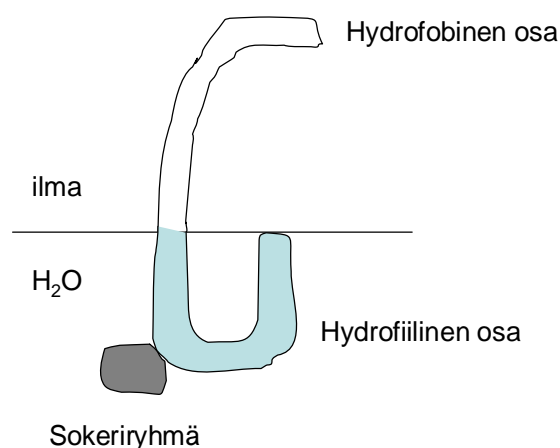
2 dl vähärasvaista maitoa, n. 1-5 tl ruokaetikkaa, 1,5 tl leivinjauhetta, 2 tl vettä, suppilo ja suodatinpaperia

Työohje:

Lämmitä maito noin 37 °C:ksi. Lisää etikka. Anna seisoa 3 minuuttia kunnes maidosta on muodostunut valkea massa ja kellertävä neste eli hera. Lisää etikkaa, jos hera ei ala erottua. Suodata valkoinen massa ja jätä hera valumaan hetkeksi. Sekoita sillä välin leivinjauhe ja vesi. Kaada maitomassa puhtaaseen astiaan ja lisää leivinjauhe-vesiseos. Liima on nyt valmista. Kokeile liimata esimerkiksi kaksi paperia toisiinsa tai erilaisia materiaalia. Mihin sopii maitoliima? Voit myös verrata sitä muihin liimoihin.

Selitykset:

Suurin osa maidon proteiineista on erilaisia kaseiinimolekyylejä. Ne kaikki sisältävät esterisidoksella liittyneen fosfaattiryhmän ja lisäksi niiden molekyylihuoto on hyvin epäjärjestäytynyt. Niissä on hydrofiilinen ja hydrofobinen pää. Veden ja ilman rajapinnassa hydrofiilinen pää on vedessä ja hydrofobinen pää ilmassa. Tätä on havainnollistettu kuvassa 3.



Kuva 3. Peruseriaate kaseiinimolekyylin (κ -kaseiini) sijoittuminen veden ja ilman rajapinnalla. pH:n alentuessa hydrofobiset päät kasaantuvat yhteen ja erottuvat veden pinnalle omaksi faasikseen.

Maidon normaalissa pH:ssa (6,6) proteiineilla on negatiivinen osittaisvaraus ja molekyyllissä olevat osat hylkivät toisiaan. pH:n alentuessa negatiiviset ryhmät ottavat vastaan vetyionin ja lopulta nettovaraus on nolla. Tätä sanotaan proteiinien isoelektriseksi pisteeksi. Silloin erimerkkiset osat vetävät toisiaan puoleensa ja proteiinit kietoutuvat yhteen kasaan ja erottuvat omaksi faasikseen. Lisättäessä etikkaa maitoon, pH:n ollessa noin 4,7, kaseiiniproteiinit erottuvat maidon pinnalle. Tuorejuustoa valmistetaan tällä periaatteella. Jäljelle jäävää nestettä kutsutaan heraksi. Se sisältää vesiliukoisia aineita, mukaan lukien maidon muita proteiineja. Tavallista juustoa valmistetaan lisäämällä maitoon entsyymiä, joka katkaisee κ -kaseiinin hydrofiilisen ja hydrofobisen pään toisistaan, jolloin kaseiinimolekyyli pinta tulee hydrofobiseksi ja proteiinit alkavat pakkaantua yhteen omaksi faasikseen. Leivinjauhe sisältää natriumvetykarbonaattia NaHCO_3 . Sen reagoi hapon kanssa muodostuu hiilidioksidia. Leivinjauheen tehtävä on siis neutraloida ylimääräinen happo. Liisteröityminen perustuu muodostuneeseen proteiiniverkostoon, jonne vesi pienenä molekyylinä voi tunkeutua ja muodostaa vetysidoksia verkon kanssa.

6. Bernaisekastike

Tarvikkeet:

2 kananmunankeltuaista, 22,5 ml viinietikkaa, 100 ml voita tai muuta rasvaa, NaOH, HCl, kattila, vispilä ja pH-paperia

Työohje:

Asioiden ymmärtämiseksi kaikki mausteet on jätetty lisäämättä. Ne voi kuitenkin lisätä valmistuksen alkuvaiheessa, koska varsinkin suola vaikuttaa kastikkeen ominaisuuksiin. Sekoita voimakkaasti kaksi kananmunankeltuaista ja 22,5 ml viinietikkaa 60°C:ssa. Tuloksena pitäisi olla paksu, ilmava ja tasapainoinen seos. Sulata 100 ml rasvaa ja jäähdytä se 60°C:een. Lisää rasva seokseen samalla voimakkaasti vispaten. **Mittaa pH.**

Kastikkeen pilaaminen:

Lisää kastikkeeseen vähitellen natriumhydroksidia NaOH, kunnes kastike alkaa muuttua muotoa. **Mittaa pH.** Lisää sen jälkeen vähitellen suolahappoa, kunnes pH on alle 4. Havainnoi kastikkeen ulkonäköä ja koostumusta. Lämmitä lopuksi kastiketta yli 60°C:een.

Mitä huomaat?

Selitykset

Kastikkeet, salaatin kastikkeet ja majoneesi ovat yleensä emulsioita, joissa rasva ja ilmakuplat ovat vedessä erillään toisistaan (O/W = oil/water- emulsio), mutta kuitenkin tasaisesti sekoittuneena. Jotta kastike pysyisi hyvänä, on systeemin oltava stabiili. Koska rasva ei helposti liukene veteen, on systeemissä oltava jokin aine, joka saa rasvapallerot pysymään erillään toisistaan eikä lopulta rasva erottuisi omaksi faasikseen. Tällaisia aineita sanotaan emulgaattoreiksi. Kananmunan keltuaisessa ovat proteiinit ja fosfolipidit, kuten lesitiini, sisältävät polaarisen ja poolittoman pään ja toimivat siten hyvinä emulgaattoreina. Ne sijoittuvat vesi- ja rasvafaasien rajapintaan niin, että polaarinen osa osoittaa veteen ja pooliton rasvakupliin päin. Näitä sanotaan siksi myös pinta-aktiiviksi aineiksi. Stabilointi perustuu moniin eri asioihin, joissa myös pH:lla on merkitystä. Seuraavassa on kolme eri selitystä:

1. Jos rasvakuplat ovat lähellä toisiaan, niiden välinen proteiinipitoisuus myös kasvaa. Proteiinit sitovat myös suuren määrän vettä, joten kuplien välille syntyy siten steerinen este ja ne vastustavat

toisiaan. Veden pH:ssa (noin 6,6), proteiinien nettovaraus on negatiivinen ja proteiinin eri osat hylkivät toisiaan. Alentamalla pH:ta proteiinien negatiivinen lataus alenee, jolloin ne pystyvät sitomaan yhä enemmän vettä.

2. Kun pH on välillä 4 ja 6,5, fosfolipidit ovat latautuneita ja myös öljypisarat saavat näin latauksen adsorption yhteydessä. Tämä johtaa siihen, että pisarat hylkivät toisiaan.

3. Korkean proteiinipitoisuuden ansiosta viskositeetti vesifaasissa on erittäin suuri ja liikkuu näin erittäin hitaasti, mikä estää pisaroiden yhteen liittymisen.

Bernaisekastikkeeseen voidaan lisätä viinietikkaa pH:n alentamiseksi, jolla varmistetaan, että proteiinit voivat sitoa tarpeeksi vettä turvotukseen. Täytyy kuitenkin olla varovainen, että pH ei laske alle proteiinien isoelektrisen pisteen (kananmunassa noin 4), jolloin proteiinien nettovaraus on nolla ja proteiinin erimerkkiset osat, ($-\text{COO}^-$ ja $-\text{NH}_3^+$) alkavat vetää toisiaan puoleensa ja proteiinit saostuvat omaksi faasikseen. Vispaus pitää olla voimakasta, jotta seokseen saadaan tarpeeksi ilmaa ja proteiinit denaturoitua. On myös hyvä lisätä etikka ennen rasvaa, jotta pinta-aktiivisten aineiden adsorboituminen rasvan pintaan helpottuu. pH:ta kohotettaessa proteiinien rakenne muuttuu ja ne sitovat tällöin vähemmän vettä, jolloin rasva- ja vesifaasi alkavat helposti erottua toisistaan. Veden lisäys aiheuttaa korkeassa pH:ssa vain vesifaasin laimentumista ja kastikkeesta tulee löysempää. Kun pH:ta jälleen alennetaan, proteiinit pystyvät sitomaan enemmän vettä ja kastikkeen rakenne palautuu. Lämmitys yli 60°C :een muuttaa proteiinien rakennetta pysyvästi eli ne denaturoituvat ja kasaantuvat yhteen. Kastike on lopullisesti pilalla.

Lähteet

Työohjeiden tekemisessä on sovellettu seuraavia hyviä lähteitä:

1. Kemi & biologi i maten (Bo Furugren)
2. Elintarvikkeiden kemiaa (Irma Häikiö ja Tuula Lapila)