

Ruokinnan vaikutus sian lihaksiin ja lihan laatuun

Marita Ruusunen¹⁾, Kirsi Partanen²⁾, Reeta Pösö³⁾ ja Eero Puolanne¹⁾

¹⁾*HY/elintarviketeknologian laitos, Viikki EE, PL 66, 00014 Helsingin yliopisto, marita.ruusunen@helsinki.fi, eero.puolanne@helsinki.fi*

²⁾*MTT, Sikatalous, Tervamäentie 179, 05840 Hyvinkää, kirsi.partanen@mtt.fi*

³⁾*HY/peruseläinlääketieteen laitos, Viikki EE, PL 66, 00014 Helsingin yliopisto, reeta.poso@helsinki.fi*

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin, miten rehun lysiinipitoisuus vaikuttaa sian lihasolujen ominaisuuksiin, lihan pH:n laskuun teurastuksen jälkeen ja lihan laatuun. Tutkimuksessa oli 40 kpl 165 vuorokauden ikäistä sikaa 20 pahnueesta. Rodultaan siat olivat maatiaisia, yorkshireja ja niiden risteytyksiä. Sioista puolet oli imisiä ja puolet leikkoja. Siat ruokittiin rehulla, jossa oli 6 g (matala-lysiiniryhmä) tai 9,5 g sulavaa lysiniä (korkea-lysiiniryhmä) rehuyksikössä (1 ry = 9,3 MJ NE). Siat saivat rehua runsasniukkanormin mukaan 1,4-3,2 ry/pv. Enemmän lysiniä saaneet siat saivat myös enemmän proteiineja. Kokeen lopussa korkea-lysiiniryhmän siat saivat noin 124 g enemmän proteiinia päivässä kuin matala-lysiiniryhmän siat. Sikojen elopaino oli teurastettaessa keskimäärin 105 kg (86 – 118,5 kg).

Tutkittavat lihakset olivat *M. longissimus dorsi* (ulkofilee), *M. semimembranosus* (sisäpaisti) ja *M. gluteus superficialis* (paahtopaisti). Lihaksista määritettiin lihassolutyypikoostumus: punaisten, välimuotoa olevien ja valkoisten lihasolujen prosentiosuudet laskettuna pinta-alaosuusien perusteella. Lihassolujen koko määritettiin mittaamalla lihassolujen poikkipinta-alat. Kapillaaritiheys määritettiin laskemalla kapillaarien (hiusverisuonien) määrä neliömillimetriä kohti. Määritykset tehtiin kuvankäsittelyohjelman avulla. Lisäksi määritettiin lihasten glykolyttinen potentiaali glykogeeni- ja laktaattipitoisuuksien perusteella. pH:n laskunopeus ruhossa määritettiin mittaamalla ulkofileen pH-arvo 45 minuuttia teurastuksen jälkeen. Lihasten pH-arvo, valuma ja väri [L* (vaaleus), a* (punaisuus) ja b* (keltaisuus)] mitattiin kaikista lihaksista 24 tuntia teurastuksen jälkeen.

Lihassolutyypikoostumus oli samanlainen molempien ruokintaryhmien kaikissa tutkituissa lihaksissa. Ruokinta vaikutti lihasolujen kokoon. Lihassolut olivat keskimäärin pienempiä matala-lysiiniryhmän sioissa kuin korkea-lysiiniryhmän sioissa. Matala-lysiiniryhmän sikojen lihaksissa oli suurempi kapillaaritiheys (kpl/mm²) (P<0,05). Tämä johtui lihasolujen pienemmästä koosta, koska kapillaarit sijaitsevat lihasolujen reunoilla. Syynä pienempiin lihasolun poikkipinta-aloihin matala-lysiiniryhmän sioissa oli sekä pienempi elopaino että suurempi ruhon rasvapitoisuus.

Glykolyttinen potentiaali kuvaa lihaksen glykogeenipitoisuutta teurastushetkellä ottaen huomioon myös glykogeenimäärän, joka hajoaa laktaatiksi teurastuksen ja näytteenoton välillä. Glykolyttisen potentiaalin määrittämiseksi määritettiin erikseen glykogeeni- ja laktaattipitoisuus. Matala-lysiiniryhmässä *longissimus dorsi* ja *semimembranosus* -lihasten glykolyttinen potentiaali oli korkeampi kuin korkea-lysiiniryhmässä (P<0,05). Vähemmän lysiniä saaneiden rasvaisempien ruhojen lihaksissa oli enemmän glykogeenia, minkä seurauksena ruhon pH laski nopeammin teurastuksen jälkeen kuin paljon lysiniä saaneissa sioissa. Lihan loppu-pH-arvoon, valumaan ja lihan väriin ruokinnalla ei ollut vaikutusta.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että vähän lysiniä saaneiden sikojen vaaleissa lihaksissa lihasolut olivat pienempiä, lihasten glykolyttinen potentiaali oli korkeampi ja pH-arvo laski nopeammin teurastuksen jälkeen kuin enemmän lysiniä saaneilla. Ilmeisesti syy eroihin tutkituissa ominaisuuksissa oli myös ero proteiinipitoisuudessa. Hyvän lihan laadun kannalta on tärkeää, että siat ruokitaan riittävän hyvin. Lihasten glykogeenipitoisuuteen teurastushetkellä on kiinnitettävä huomiota, ettei se nouse liian suureksi, etenkin jos käytetään glykogeenia säästäviä teurastustapoja.

Asiasanat: sika, lysini, proteiini, lihas, lihan laatu

Johdanto

Ruhossa on sekä tummia että vaaleita lihaksia. Vaaleat lihakset koostuvat pääosin valkoisista lihassoluista ja tummat punaisista ja välimuotoa olevista. Teurastuksen jälkeiset muutokset tapahtuvat näissä lihaksissa eri tavalla. Vaaleat lihakset sisältävät paljon glykogeenia. Glykogeenin pilkkoutuminen lihaksessa laktaatiksi teurastuksen jälkeen aiheuttaa lihan pH:n laskun. Vaaleissa lihaksissa pH-arvo laskee nopeammin teurastuksen jälkeen ja myös loppu-pH-arvo on alempi kuin tummissa lihaksissa. Vaaleiden lihasten loppu-pH-arvo on noin 5,5 ja tummien lihasten noin 5,9.

Lihan laadun mittana käytetään pH-arvoa mitattuna ulkofileestä 45 minuuttia teurastuksen jälkeen. Jos pH-arvo on tällöin alle 5,8, lihasta tulee PSE-lihaa (vaalea, pehmeä ja vetinen liha) (Honikel ja Kim, 1985). PSE-lihan syynä on sian liallinen stressaantuminen välittömästi ennen teurastusta. PSE-lihaisuutta esiintyy yleensä vain vaaleissa lihaksissa. Tervalihaa (DFD-liha: tumma, kiinteä ja kuiva liha) muodostuu puolestaan pitkäaikaisen stressin seurauksena. Tervalihaksi kutsutaan sianlihaa, jonka pH-arvo mitattuna 24 tuntia teurastuksesta on yli 6,1 (Barton-Gade, 1981).

Glykogeenin määrä lihaksessa teurastushetkellä määrää sen, kuinka alas lihakseen pH-arvo laskee, mutta vain jos lihakseen glykogeenipitoisuus on 53 mmol/kg tai alempi (Henckel ym. 2002). Tällöin loppu-pH-arvo jää normaalia korkeammaksi. Korkeammilla glykogeenipitoisuuksilla ei yleensä ole yhteyttä lihan loppu-pH-arvoon. Glykolyttinen potentiaali kuvaa lihakseen glykogeenipitoisuutta teurastushetkellä ottaen huomioon myös glykogeenimäärän, joka hajoaa laktaatiksi teurastuksen ja näytteenoton välillä. Glykolyttisen potentiaalin määrittämiseksi määritettiin erikseen lihakseen glykogeeni- ja laktaattipitoisuudet. Lihasten glykogeenipitoisuuden teurastushetkellä vaikuttavat mm. ruokinta, teuraskuljetus, navettaolosuhteet ja tainnutustapa. Tämän vuoksi glykogeenipitoisuuden hallinta erilaisissa teurastusolosuhteissa on vaikeaa.

Tutkimuksessa selvitettiin, miten rehun lysiinipitoisuus vaikuttaa lihasolujen ominaisuuksiin, pH:n laskuun teurastuksen jälkeen sekä lihan laatuun. Enemmän lysiiniä saaneet saivat myös enemmän proteiineja. Kokeen lopussa korkea-lysiiniryhmän siat saivat noin 124 g enemmän proteiinia päivässä kuin matala-lysiiniryhmän siat.

Tulokset ovat osa laajemmasta tutkimusprojektista, jossa tutkittiin sianruhon ominaisuuksia, elinten kokoa, vaaleiden ja tummien lihasten oksidatiivisia ja glykolyttisiä ominaisuuksia, veren kemiaa ja näiden ominaisuuksien sekä mitattujen arvojen yhteyttä lihan laatuun sioissa, jotka kasvoivat eri nopeudella (Puolanne ym. 2003). Erot kasvunopeudessa saatiin aikaan muuttamalla rehun lysiini/proteiinipitoisuutta. Hankkeessa olivat mukana Helsingin yliopisto elintarviketeknologian ja peruseläinlääketieteen laitokset ja MTT:n sikatalouden tutkimusasema.

Aineisto ja menetelmät

Kasvatus ja teurastus

Kaikkiaan tutkittiin 40 sikaa 20 pahnueesta. Rodultaan siat olivat maataisia, yorkshireja ja niiden risteytyksiä. Sioista puolet oli imisiä ja puolet leikkoja. Siat ruokittiin rehulla, jossa oli joko 6 g (matala-lysiiniryhmä) tai 9,5 g sulavaa lysiiniä (korkea-lysiiniryhmä) rehuyksikössä (1 ry=9,3 MJ NE). Enemmän lysiiniä saaneet siat söivät myös enemmän proteiinia. Ruokintanormi oli runsasniukka ja siat saivat rehua (1,4-3,2 ry/pv). Siat teurastettiin 165±2 vrk:n ikäisinä HY:n elintarviketeknologian laitoksen koetehtaassa. Sikojen elopaino vaihteli teurastettaessa 86 – 118,5 kg:n välillä ollen keskimäärin 105 kg.

Lihastutkimukset

Lihassolutyypijakauma

Lihasnäytteet otettiin noin 30 minuuttia teurastuksen jälkeen *longissimus dorsi*, *semimembranosus* ja *gluteus superficialis* -lihaksista (ulkofilee, sisäpaisti ja paahtopaisti). Lihasnäytteet jäädytettiin nestemäisessä työssä ja säilytettiin -80 asteessa. Lihaksista määritettiin lihassolutyypikoostumus myosiini-ATPaasimenetelmällä (Brooke ja Kaiser, 1970). Menetelmällä erotetaan punaiset, välimuotoa olevat ja valkoiset lihassolut toisistaan. Lihassolujen prosenttiosuudet laskettiin pinta-alaosuusien perusteella. Lisäksi mitattiin lihassolujen koko mittaamalla lihassolujen poikkipinta-alat. Lihassolun keskimääräinen pinta-ala laskettiin jakamalla analysoitava lihasala lihassolujen lukumäärällä. Kapillaarit määritettiin Andersenin (1975) menetelmällä. Kapillaaritiheys (kpl

kapillaareja/mm²) määritettiin laskemalla kapillaarien (hiusverisuonien) määrä neliömillimetritä. Laskenta tehtiin kuvankäsittelylaitteella käyttämällä KS300-kuvankäsittelyohjelmaa (KS 300 Imagin System Release 3.0, Carl Zeiss Vision Imagin Systems).

Glykolyttinen potentiaali

Lihaksista määritettiin glykolyttinen potentiaali, joka kuvaa lihaksen glykokeenipitoisuutta teurastushetkellä ottaen huomioon myös teurastuksen ja näytteenoton välillä laktaatiksi hajonneen glykokeenin. Glykolyttisen potentiaalin määrittämiseksi määritettiin erikseen lihan glykokeeni- ja laktaattipitoisuus. Glykokeenipitoisuus määritettiin glukosina Roche/Hitachin määrityskitillä no. 1447521 ja laktaattipitoisuus Boehringer-Mannheimin määrityskitillä no. 139 084 (Immonen 2000). Glykolyttinen potentiaali (GP) laskettiin Monin'in ja Sellier'in (1985) mukaan: Glykolyttinen potentiaali mmol laktaattia/kg lihaa = $[2 * (\text{glykokeeni} + \text{glukoosi} + \text{glukoosi-6-fosfaatti}) + \text{laktaatti}]$. Glykokeeni, glukoosi ja glukoosi-6-fosfaatti määritettiin samanaikaisesti.

Lihan laatututkimukset

Lihan pH mitattiin Xerolyt-elektrodilla (Mettler Toledo Inlab 427) käyttäen Portamess 752 Calimatic -pH-mittaria. 45 minuuttia tainnutuksen jälkeen pH mitattiin Na-I-asetaatiliuoksesta (pH₄₅) homogeenimalla noin yhden gramman näyte Na-I-asetaatiliuokseen (1:10). Seuraavana päivänä jäähdytyksen jälkeen pH-arvo (pH₂₄) mitattiin suoraan lihaksesta.

Väri [L*(vaaleus), a*(punaisuus), b*(keltaisuus)] mitattiin CIE järjestelmään perustuvalla Minolta- värinmittauslaitteella. Kalibrointi tehtiin valkoiseen levyyn ja valonlähde oli D65. Lihaspalaa pidettiin 15 min huoneen lämpötilassa valossa, minkä jälkeen väri mitattiin kolmesta eri kohdasta. Väriarvot ovat näiden kolmen mittauksen keskiarvoja.

Valuman määrittämiseksi lihaksista leikattiin suunnilleen samankokoiset kappaleet (à 60-80 g), kolme rinnakkaista näytettä per lihas. Näyte laitettiin Minigrip-pussiin ja liha ommeltiin kiinni pussin yläreunaan siten, että neste pääsi valumaan pussin pohjalle. Lihapaloja pidettiin 4 vrk 4 C-asteessa, minkä jälkeen irronneen nesteen määrä punnittiin. Valuma ilmoitettiin prosentteina.

Tilastollinen analyysit

Erot ruokintaryhmien välillä testattiin varianssianalyysillä (SAS 1999).

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Lihassolujen ominaisuudet

Kaikki tutkitut lihakset olivat vaaleita, joissa valkoisten lihassolujen osuus pinta-alasta oli 90 % (Taulukko 1). Lihassolutyypikoostumus oli samanlainen molempien ruokintaryhmien kaikissa tutkituissa lihaksissa (p>0,05). Matala-lysiiniryhmän sioissa lihassolut olivat keskimäärin pienempiä kuin korkea-lysiiniryhmän sioissa. Matala-lysiiniryhmän sikojen lihaksissa oli suurempi kapillaaritiheys (kpl kapillaareja/mm²) (P<0,05) johtuen pienemmästä lihassolujen koosta, koska kapillaarit sijaitsevat lihassolujen reunoilla. Syy pienempiin lihassolun poikkipinta-aloihin matala-lysiiniryhmän sioissa oli puolestaan sekä pienempi elopaino että suurempi ruhon rasvapitoisuus.

Glykolyttinen potentiaali

Glykokeenipitoisuus kuvaa eläimen hyvinvoinnin tilaa sellaisissa tilanteissa, joissa lihasten glykokeenivarastot ovat hyvin pienet teurastushetkellä. Vaaleissa lihaksissa on normaalisti paljon glykokeenia, joka pilkkoutuu laktaatiksi teurastuksen jälkeen ja aiheuttaa pH:n laskun. Vaaleissa lihaksissa on myös paljon glykokeenia hajottavia entsyymejä, mikä myös nopeuttaa glykokeenin hajoamista. Lihaksen alhainen glykokeenipitoisuus on osoitus siitä, että sika on altistunut pitkäaikaiselle stressille ennen teurastusta. Jos glykokeenipitoisuus teurastushetkellä on 53 mmol/kg tai alempi (Henckel ym. 2002), loppu-pH-arvo jää normaalia korkeammaksi. Paasto ja sikojen pitäminen teurastamon navetassa yli yön pienentävät myös jonkin verran glykokeenivarastoja. Glykolyttinen potentiaali kuvaa lihaksen glykokeenipitoisuutta teurastushetkellä ottaen huomioon myös glykokeenimäärän, joka hajoaa laktaatiksi teurastuksen ja näytteenoton välillä. Glykolyttisen potentiaalin määrittämiseksi on määritettävä erikseen glykokeeni- ja laktaattipitoisuus. Tässä tutkimuksessa matala-lysiiniryhmässä sian *longissimus dorsi* ja *semimembranosus* -lihasten

glykolyyttinen potentiaali oli korkeampi kuin korkea-lysiiniryhmässä ($P<0,05$) (Taulukko 1). Lihasten glykogeenipitoisuuteen teurastushetkellä vaikuttavat mm. ruokinta, teuraskuljetus, navettaolosuhteet ja tainnutustapa. Tämän vuoksi glykogeenipitoisuuden hallinta erilaisissa teurastusolosuhteissa on vaikeaa.

Taulukko 1. Lihassolutyypin prosentiosuudet laskettuna pinta-ala osuuksien (%) perusteella, lihassolujen poikkipinta-alat (CSA) ja kapillaaritiheys (kpl/mm²) ruokintaryhmittäin (N=20 per ruokintaryhmä, keskiarvot ja standardipoikkeamat (s.d.)).

	Matala-lysiini		Korkea-lysiini		P
	Ka.	s.d	Ka.	s.d	
<i>M. longissimus dorsi</i>					
¹)% punaisia	6,3	2,1	6,7	1,9	
¹)% välimuotoa olevia	2,9	1,5	3,6	2,2	
¹)% valkoisia	90,9	2,4	89,8	2,1	
²)CSA _{pun} , 1000 μm ²	2,71	0,45	3,19	0,53	*
³)CSA _{vm} , 1000 μm ²	2,38	0,68	3,12	0,79	*
⁴)CSA _{valk} , 1000 μm ²	5,18	0,95	6,40	1,06	*
⁵)CSA _{lihassolu} , 1000 μm ²	4,72	0,79	5,77	0,88	*
Kapillaarit (kpl/mm ²)	175	28	149	30	*
<i>M. semimembranosus</i>					
¹)% punaisia	6,7	1,7	6,5	1,6	
¹)% välimuotoa olevia	3,6	1,4	3,7	1,8	
¹)% valkoisia	89,8	2,1	89,9	2,2	
²)CSA _{pun} , 1000 μm ²	2,97	0,59	3,13	0,53	
³)CSA _{vm} , 1000 μm ²	3,39	0,82	3,57	0,64	
⁴)CSA _{valk} , 1000 μm ²	5,99	1,00	6,43	0,79	
⁵)CSA _{lihassolu} , 1000 μm ²	5,44	0,84	5,85	0,72	
Kapillaarit (kpl/mm ²)	228	24	204	43	*
<i>M. gluteus superficialis</i>					
¹)% punaisia	6,8	1,4	6,9	1,2	
¹)% välimuotoa olevia	4,1	1,7	3,8	1,7	
¹)% valkoisia	89,2	2,2	89,3	1,9	
²)CSA _{pun} , 1000 μm ²	2,76	0,50	3,00	0,73	
³)CSA _{vm} , 1000 μm ²	3,11	0,70	3,73	1,2	
⁴)CSA _{valk} , 1000 μm ²	5,42	0,69	6,47	1,33	*
⁵)CSA _{lihassolu} , 1000 μm ²	4,94	0,58	5,73	1,10	*
Kapillaarit (kpl/mm ²)	204	31	178	33	*
Glykolyyttinen potentiaali (mmol laktaattia/kg)					
<i>M. longissimus dorsi</i>	212,1	39,1	182,0	39,5	*
<i>M. semimembranosus</i>	182,1	35,7	160,4	27,6	*
<i>M. gluteus superficialis</i>	202,8	46,8	183,8	53,8	

¹)osuudet laskettu pinta-alaosuusien perusteella, ²)punaisten (CSA_{pun}), ³)välimuotoa olevien (CSA_{vm}) ja ⁴)valkoisten lihassolujen (CSA_{valk}) keskimääräinen poikkipinta-ala, ⁵)lihassolun keskimääräinen (CSA_{lihassolu}) poikkipinta-ala lihaksessa; *P<0,05.

Lihan laatu

Eräs lihan laadun mitta on pH-arvo mitattuna *longissimus dorsi* -lihaksesta 45 minuuttia teurastuksen jälkeen. Matala-lysiini/proteiiniryhmän *longissimus dorsi* -lihaksen pH₄₅-arvo oli alempi ($P<0,05$) kuin korkea-lysiini/proteiiniryhmässä (Taulukko 2). Tutkimuksessa oli viisi PSE:ksi luokiteltavaa sikaa, neljä matala-lysiiniryhmässä ja yksi korkea-lysiiniryhmässä. Eräs syy alempaan pH₄₅ arvoon oli korkeampi glykolyyttinen potentiaali matala-lysiiniryhmä sikojen *longissimus dorsi* -lihaksessa

($P < 0,05$). (Taulukko 1). Alempi pH-arvo 45 minuuttia teurastuksen jälkeen aiheutti myös vähemmän lysyiiniä/proteiinia saaneiden sikojen lihaksissa suuremman valuman, vaikka ero ei ollutkaan merkitsevä ($P > 0,05$). Lihan loppu-pH-arvoon, lihan vaaleuteen (L^* -arvo) ja keltaisuuteen (b^* -arvo) ruokinnalla ei ollut vaikutusta, mutta matala-lysiiniryhmän longissimus dorsi -lihas oli punaisempi (a^* -arvo) kuin korkea-lysiiniryhmän ($P < 0,05$).

Lihan laadun kannalta on tärkeää ottaa huomioon kaikki ne tekijät, jotka vaikuttavat pH:n laskunopeuteen ja laskun määrään teurastuksen jälkeen. Yleensä pH-arvo mitattuna 45 minuuttia teurastuksen jälkeen kertoo valuman stressiherkissä sioissa. Normaaleissa sioissa parempi indikaattori valumalle on mitata lihaksen lämpötila yksi minuutti tainnutuksen jälkeen ja/tai lihaksen pH-arvo kaksi tuntia tainnutuksen jälkeen (Schäfer ym. 2002). Lihaksen loppu-pH-arvo ei yleensä kerro valuman määrää etenkin silloin, kun hajonta loppu-pH-arvoissa on hyvin pieni. Tässä tutkimuksessa lihasten loppu-pH-arvot vaihtelivat hyvin vähän (Taulukko 2), minkä vuoksi loppu-pH-arvon ja valuman välillä ei todettu yhteyttä, mutta alhainen pH-arvo 45 minuuttia teurastuksen jälkeen lisäsi valumaa.

Taulukko 2. Lihasian lihan laatuparametrit ruokintaryhmittäin (N=20 per ruokintaryhmä, keskiarvot ja standardipoikkeamat (s.d.)).

	Matala-lysiini		Korkea-lysiini		P
	Ka.	s.d	Ka.	s.d	
pH ₄₅	6,09	0,3	6,32	0,33	*
L* (vaaleus)		s.d		s.d	
<i>M. longissimus dorsi</i>	57,1	3,3	56,5	3,4	
<i>M. semimembranosus</i>	52,1	1,6	51,0	3,2	
<i>M. gluteus superficialis</i>	54,1	2,8	52,8	4,6	
a* (punaisuus)					
<i>M. longissimus dorsi</i>	6,2	1,1	5,3	1,4	*
<i>M. semimembranosus</i>	8,7	1,2	8,9	1,3	
<i>M. gluteus superficialis</i>	8,1	1,5	8,2	1,2	
b* (keltaisuus)					
<i>M. longissimus dorsi</i>	1,8	1,1	1,7	0,9	
<i>M. semimembranosus</i>	2,9	0,7	2,9	1,1	
<i>M. gluteus superficialis</i>	2,9	0,9	2,5	1,6	
pH ₂₄ -arvo					
<i>M. longissimus dorsi</i>	5,45	0,06	5,42	0,06	
<i>M. semimembranosus</i>	5,43	0,06	5,46	0,07	
<i>M. gluteus superficialis</i>	5,46	0,06	5,46	0,09	
Valuma, %					
<i>M. longissimus dorsi</i>	12,0	2,8	10,6	4,0	
<i>M. semimembranosus</i>	8,4	2,7	8,2	2,9	
<i>M. gluteus superficialis</i>	10,6	1,9	9,6	2,8	

* $p < 0,05$

Johtopäätökset

Kun siat teurastetaan saman ikäisinä, vähän lysyiiniä saaneiden sikojen vaaleissa lihaksissa lihassolut olivat pienempiä, lihasten glykolyttinen potentiaali oli korkeampi ja pH-arvo laski nopeammin teurastuksen jälkeen kuin enemmän lysyiiniä saaneilla. Ilmeisesti syy eroihin tutkituissa ominaisuuksissa oli myös ero proteiinipitoisuudessa. Hyvän lihan laadun kannalta on tärkeää, että siat ruokitaan riittävän hyvin. Lihasten glykogeenipitoisuuteen teurastushetkellä on kiinnitettävä huomiota, ettei se nouse liian suureksi, etenkin jos käytetään glykogeenia säästäviä teurastustapoja.

Kirjallisuus

- Andersen, P.** 1975. Capillary density in skeletal muscle of man. *Acta Physiol. Scand.* 95: 203-205.
- Barton-Gade, P.** 1981. The measurement of meat quality in pigs post mortem. Porcine stress and meat quality-causes and possible solutions to the problems. pp. 205-218. (Ed. T. Froystein, E. Slinde & N. Standal). Agricultural Food Research Society. Ås, Norway. 359 p.
- Brooke, M. H. & Kaiser, K. K.** 1970. Muscle fiber types: How many and what kind. *Arch. Neurol.* 123: 369-379.
- Henckel, P., Karlsson, A., Jensen, M.T., Oksbjerg, N. & Søholm Petersen, J.** 2002. Metabolic conditions in Porcine longissimus muscle immediately pre-slaughter and its influence on peri- and post mortem energy metabolism. *Meat Sci.* 62: 145-155.
- Honikel, K.O. & Kim, C.-J.** 1985. Über die Ursachen der Entstehung von PSE-Schweinefleisch. *Fleischwirtsch.* 65:1125-1131.
- Immonen, K.** 2000. Bovine muscle glycogen concentration in relation to diet, slaughter and ultimate beef quality. Diss. EKT-series 1203. University of Helsinki. Dept. of Food Technology. 64 + 44 p.
- Monin, G. & Sellier, P.** 1985. Pork of low technological quality with normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: The case of the Hampshire breed. *Meat Sci.* 13: 49-63.
- Puolanne, E., Ruusunen, M., Partanen, K., Pösö, R., Sepponen, K. & Kylä-Puhju, M.** 2003. Sian fysiologisten ominaisuuksien yhteys lihan laatuun ja eläinten hyvinvointiin. MMM, Makera-hanke 4013/501/99. Loppuraportti 2003.
- SAS.** 1999. SAS/STAT User's Guide, Version 8, Cary, NC:SAS Institute Inc.
- Schäfer, A., Rosenfold, K., Purslow, P.P., Andersen, H.J. & Henckel, P.** 2002. Physiological and structural events post mortem of importance for drip loss in pork. *Meat Sci.* 61: 355-366.