

Puunjalostusteollisuuden jäteliempulveri märehtijäin rehuna

MAIJA-LIISA SALO, MATTI IMMONEN ja KAIJA SUOMI
Yliopiston kotieläintieteen laitos, Helsinki

Saapunut 28. 2. 1973

Nutritive value of ammonium spent sulphite waste liquor (NH_3 -SSWL) for ruminants

MAIJA-LIISA SALO, MATTI IMMONEN and KAIJA SUOMI
Department of Animal Husbandry, University of Helsinki

Abstract. The nutritive value of dried ammonium spent sulphite waste liquor was investigated. The waste liquor was a by-product of the birch wood manufacturing industry and was composed mainly of xylane and lignin. These substances largely occurred in such a form that the usual determinations revealed only a part of them. The nitrogen, sulphur and acetic acid contents in the different preparations were 4–7 %, 4.5–9 % and 0.5–7 %, respectively.

Digestibility experiments with sheep indicated that when the milk powder in a barley-straw-milk powder diet was replaced with the waste liquor amounting to 18 % (level 1) and 9 % (level 2) of the diet, the digestibility of the organic matter decreased from 84.0 % to 73.5 % at level 1 ($P < 0.001$) and from 82.1 % to 77.8 % at level 2 ($P < 0.001$). The waste liquor diminished particularly the digestibility of the cell-wall substances. Thus the digestibility of crude fibre decreased from 46.3 % to 15.8 % at level 1 and from 37.8 to 29.4 % at level 2 ($P < 0.001$). The waste liquor itself did not contain any cellulose and hardly any crude fibre.

The digestibility of the waste liquor obtained by difference calculations was 36.6 % at level 1 and 50.6 % at level 2. The feed unit values were 0.40 and 0.56, respectively (1 fu = 0.7 starch units). The utilization of nitrogen was good and the mineral balances were normal.

The palatability of the waste liquor was poor. The upper limit for acceptance by dairy cows was 7–8 % of the concentrate, and even this concentration required a long transition period. It had no influence on the fat content of milk and the haematological values of the animals. Nor did it decrease the milk production if the concentration was so low that the feed intake remained adequate.

No noteworthy differences in the palatability were observed between various sulphite waste liquor products, the least palatable was that with the highest content of nitrogen and sulphur.

Puuaines koostuu kolmesta ryhmästä: selluloosasta, hemiselluloosasta ja ligniinistä. Niitä on havupuussa suunnilleen suhteessa 5:2:3, lehtipuussa 5:3:2 (SALO 1965). Muita yhdisteitä puun kuiva-aineessa on sangen vähän.

Selluloosateollisuus kelpuuttaa tuotteeseensa vain selluloosan, ligniini ja hemiselluloosa liuotetaan pois. Kuitulevyjen valmistuksessa vaatimus ei ole yhtä ankara, mutta siinäkin puukuidut täytyy irroittaa ja tämä prosessi liuottaa hemiselluloosaa. Ainehukka puunjalostusteollisuudessa on siten suuri. Jäteliemen tavanomainen käyttömuoto on sen kuivaaminen polttoaineeksi, mutta myös muita ratkaisuja on etsitty. Eräs käyttökokeilu on jäteliemen kuivaaminen märehtijän rehuksi.

Painemenetelmällä valmistetun kuitulevyn jäteliemi on osoittautunut rehuna varsin käyttökelpoiseksi. Levyn valmistusprosessissa puukuidut irrotetaan kovan paineen avulla ilman kemikaaleja. Käsittely liuottaa hemiselluloosaa, mutta ilmeisesti vain varsin vähän ligniiniä. Jäteliemi haihdutetaan siirapiksi. Tätä siirappia (liquid hemicellulose, »Masonex») on hyvällä menestyksellä kokeiltu märehtijän rehuna sekä USA:ssa (PERRY 1964, BARTLEY ym. 1968, WILLIAMS ym. 1969) että myös Suomessa (TUORI ja LAMPILA 1971). Rehuarvoltaan se on osoittautunut jokseenkin melassin veroiseksi, maitta- vuodeltaan sitä huonommaksi.

Kun puun prosessointiin käytetään kemikaaleja, joutuu jäteliemeen hemiselluloosan ohella ligniiniä ja kyseiset kemikaalit. Tätäkin tuotetta käytetään kuivattuna rehujen pelletoinnissa sideaineena. CROYLE ja LONG (1971) ovat tutkineet erään tällaisen tuotteen — ammonium lignosulfonaatin — käyttöarvoa märehtijän rehuna ja todenneet sekä ruokintakokeissa että in vitro sulavuuskokeessa sen rehuarvon heikoksi.

Kirjoittajain tutkima tuote oli koivuraaka-aineesta ammonium neutraali-sulfaattikeitossa muodostuvaa jäteliöntä. Keitossa liukenee vain noin 20 % puusta, mm. ligniinistä vain pienimolekyylisin osa. Liemi kuivattiin tai haihdutettiin siirapiksi. Tutkimus käsitti lampailta suoritettuja sulavuus- ja tasekokeita, lypsylehmillä suoritettuja ruokintakokeita ja lihamulleilla tehtyjä maittavuuskokeita. Tarkoituksena oli selvittää jätteen rehuarvoa, maittavuutta ja vaikutusta eläinten terveydentilaan; ylipäänsä saada selville, onko siitä märehtijän rehuksi.

Jäteliempulverin koostumus

Taulukosta 1 löytyy tuotteen valmistus- ja koostumustietoja, taulukoista 2 ja 3 kotieläintieteen laitoksessa suoritettut analyysit. Hiilihydraatit ja ligniini määritettiin SALON (1965) menetelmillä, kivennäisaineista kationit AA-1000 Techtron atomiabsorptiospektrofotometrillä ja fosfori TAYSSKYN ja SHORRIN (1953) menetelmällä. Viralliseen rehuanalyysiin kuuluvat menetelmät olivat tavanomaisia.

Taulukossa 2 esitetään ravintoarvon kannalta tärkeimpien aineiden pitoisuudet neljästä sulavuuskokeella tutkitusta jäteliempulverista tai -siirapista ja vertailun vuoksi myös painemenetelmällä saadusta USA:sta peräisin olevasta hemiselluloosasiirapista ja Turengin sokerijuurikasmelassista.

Taulukko 1. Maittavuus- ja ruokintakokeissa käytetyt jätelieimpulverit.

Table 1. Ammonium spent sulphite waste liquor (NH₃-SSWL) products used in palatability and feeding experiments.

Tunnus Product	Kuivaus- lämpötila sisään/ulos Drying temperature in/out °C	pH	Vesiliukoisuus Water solubility %	SO ₂ %	Kok. S Total S %	NH ₃ %	Kok. N Total N %	Etikka- happo Acetic acid %
A	275/125	4.3	45.6	1.3	6.2	3.9	5.3	7.2
B	300/160	3.2	48.5	1.2	7.2	3.8	5.7	2.5
C	400/160	2.5	32.3	0.8	4.6	1.5	3.8	0.5
D	270/120	2.9	51.8	1.0	9.1	6.3	6.9	5.4
E	270/120	3.6	41.3	0.5	5.8	4.7	5.5	1.5
F	300/150	3.1	33.9	0.8	4.6	3.3	5.1	4.4

Taulukko 2. Jäteliemituotteiden, »Masonex» hemiselluloosa siirapin ja sokerijuurikasmelassin koostumus.

Table 2. Chemical composition of NH₃-SSWL products, liquid hemicellulose (»Masonex») and sugar beet molasses.

	Kuiva-ainetta % Dry matter %	pH	% kuiva-ainesta				% of dry matter				
			Tuhka Ash	6.25 × N	Sokerit Sugars	Hemi- selluloosa Hemicellulose	Sokerit ¹⁾ Sugar anhydr. ¹⁾	Uronih. Uronic anhydr.	Selluloosa Cellulose	Yht. hiilihydr. Total carbohydrates	Raakaligniini Crude lignin
Jätetuotteet:											
NH ₃ -SSWL products:											
No I (jauhe, powder)	90.7	4.9	1.8	45.2	1.4	20.4	9.8	0.0	30.2	7.2	—
» II (» »)	94.8	4.5	1.6	37.8	1.4	20.3	9.7	0.0	30.0	7.4	0.8
» III (siirappi syrup)	55.1	5.5	1.5	47.9	1.1	18.6	11.4	0.0	30.0	7.1	—
» IV (»-turve 1: 1» peat)	93.7	4.9	5.2	34.6	1.0	19.8	7.2	5.3	32.3	18.5	11.9
»Masonex» (siirappi syrup)	63.0	6.5	6.9	0.3	30.5	26.0	2.5	0.0	59.0	3.6	—
Melassi Molasses	79.4	7.8	11.0	13.9	71.9	0.0	2.0	0.0	73.9	0.0	—
1) Eri sokerianhydridien osuus, %: ksyloosi arabinoosi mannoosi galaktoosi+glukoosi											
1) Distribution of sugar anhydrides, %: xylose arabinose mannose galactose + glucose											
Jäteliemi NH ₃ -SSWL			85	+	—					15	
»Masonex			20	+	45					35	

Taulukko 3. Jäteliemituotteiden kivennäiskoostumus, mg/g k.a.
 Table 3. Mineral composition of NH_3 -SSWL products, mg/g dry matter

	Ca	Mg	K	Na	P
No II.....	2.60	0.75	1.95	0.15	0.30
» III	3.40	1.05	2.15	0.15	0.30
» IV	4.95	2.00	2.55	0.35	2.28

Analyysituloksista käy ilmi, että jättepulverin hiilihydraattiaines koostuu lievällä happohydrolyysillä hydrolysoituvasta ksylaanista ja uronihapoista, pelkistävien sokerien asteelle saakka hajonnutta ainetta sen sijaan on hyvin vähän. Hiilihydraatti- ja ligniiniluvut ovat alhaisia mikä lienee tulkittava siten, että käsittely on muuttanut osan hemiselluloosasta sellaiseen muotoon että se ei hajoa pelkistäviksi sokereiksi. Muuttumisprosessista on merkinä myös korkea uronihappopitoisuus, puussa uronihappoja on vajaa puolet siitä, mitä tässä tuotteessa. Mahdollisesti myös osa ligniinistä esiintyy niin pienimolekyylisessä muodossa, ettei liioin se tule tavanomaisilla menetelmillä määritetyksi. »Masonex'ssa» sen sijaan on varsin runsaasti pelkistyskykyistä hemiselluloosa-ainesta, siis muuttumattomassa muodossa olevia hiilihydraatteja. Hemiselluloosan koostumus paljastaa, että jäteliemipulveri on lehti-puusta, mutta »Masonex» ainakin pääosalta havupuusta (vert. SALO 1965). Taulukon kolmas aine, sokerijuurikasmelassi, koostuu pääosaltaan sakkaroosista.

Jäteliemipulverin tyyppi on peräisin keitossa käytetystä ammoniumsulfidista, »Masonex» ei sisällä tyypeä juuri lainkaan. Tuhkaa ja niin ollen eri kivennäiskomponentteja jättepulverissa on hyvin vähän (Taul. 3).

Jäteliemisiirappi-kasvuturpeen koostumusta tarkkailtaessa on syytä muistaa, että siinä on puolet turvetta.

Sulavuuskokeet pässeillä

Sulavuuskokeissa oli 4 pässiä, joista 3 kasvavaa ja 1 täysikasvuinen. Kokeet suoritettiin kvantitatiivisena, sekä valmistus- että keruukausi oli 8 tai 9 päivää. Samalla suoritettiin tyypitasekoe ja eräillä näytteillä myös kivennäistasekoe. Perusrehuna oli ohrajauho + 100 g olkea sekä tarvittavat kivennäiset ja vitamiinit. Valkuaistäydennyksenä peruskokeissa oli kurrijauho, josta käytettiin taulukkotietojen sulavuusprosentteja. Varsinaisessa kokeessa kurrijauho korvattiin jättepulverilla tai -siirapilla. Kokeessa I sekä perus- että koerehu oli seoksena, jossa kurrijauhon/jättepulverin osuus oli 20 %. Tämä jättemäärä osoittautui liian korkeaksi: maittavuus oli heikko ja pässien sonta oli epänormaalin pehmeää. Koe toistettiin pienemmällä jättemäärällä: 800 g ohrajauhoa, 100 g olkea, 80 g kurrijauhoa/jättepulveria/p (Koe II). Näin alhaisena konsentraationa jätteestä ei ollut haittaa. Seuraavasta yhdistelmästä käy ilmi eri rehulajien osuus dieettien orgaanisesta aineesta:

	Ohra %	Olki % ¹⁾	Kurrijauhe %	Jätetuote %
Peruskoe I	72.1	11.1	16.8	—
Jäte » I (jauhe I)	71.1	11.0	—	17.9
Peruskoe II	82.0	9.9	8.1	—
Jäte » (jauhe II)	81.5	9.7	—	8.8
» » III (siirappi)	83.0	10.0	—	7.0
» » IV (» -turve)	79.5	9.6	—	10.9 ²⁾

1) Kokeissa I ohranolki, kokeissa II–IV kauranolki

2) Puolet turvetta

Taulukossa 4 esitetään dieettien keskimääräiset sulavuudet. Taulukossa 5 jättepulverin tai -siirapin tai siirappi-turpeen orgaanisen aineen ja «raaka-proteiinin» (6.25 × N) sulavuudet joka pääsillä erikseen sekä keskiarvona. Taulukossa 6 on tyypitaseet kasvavilta päseiltä sekä osasta kokeita kivennäistaseet.

Taulukko 4. Rehuyhdistelmien keskimääräiset sulavuusprosentit.

Table 4. Average digestibility coefficients of different diets.

	Eläinluku <i>Number of sheep</i>	Org.aine <i>Organic matter</i>	Raaka- prot. <i>Crude protein</i>	Raaka- kuitu <i>Crude fibre</i>	Hemiselluloosa <i>Hemicellulose</i>			Raakalign. <i>Crude lignin</i>
					Sokerit <i>Sugar anhydr.</i>	Uronih. <i>Uronic anhydr.</i>	Selluloosa <i>Cellulose</i>	
Peruskoe I	4	84.0	83.1	46.3				
<i>Basic diet I</i>								
Jätetekoe I	4	73.5	76.4	15.8				
<i>NH₃-SSWL I</i>								
Peruskoe II	2	82.1	79.8	37.8	55.6	66.0	40.5	7.4
<i>Basic diet II</i>								
Jätetekoe II	4	77.8	77.5	29.4	57.2	54.4	26.1	14.4
<i>NH₃-SSWL II</i>								
Jätetekoe III	2	78.4	78.7	38.1	59.9	58.0	31.8	19.3
<i>NH₃-SSWL III</i>								
Jätetekoe IV	2	75.5	74.3	25.5	53.1	52.4	18.2	20.8
<i>NH₃-SSWL IV</i>								

Tulosten tarkastelu

Taulukosta 4 voidaan ensinnäkin todeta, että jättepulveria sisältävän dieetin orgaanisen aineen sulavuus on sekä tasolla I että tasolla II erittäin merkittävästi ($P < 0.001$) huonompi kuin kurrijauhoa samassa suhteessa sisältävän kontrollidieetin. Edelleen käy ilmi, että suurempi jätekonsentraatio (Koe I) alentaa dieetin sulavuutta enemmän kuin pienempi (Koe II). Selvemmin tämä seikka käy ilmi taulukosta 5, jossa on erotuksena laskettu jäteliemipulverin sulavuus: se on merkittävästi ($P < 0.01$) alempi dieetin sisältäessä jätettä noin 18 % kuin 9 %. Ilmiö johtuu aivan ilmeisesti siitä, että

Taulukko 5. Jäteliemituotteiden sulavuusprosentit eri kokeissa (suluissa tuotteen osuus dieetin orgaanisesta aineesta).

Table 5. Digestibility coefficients of NH_3 -SSWL products in different trials (in parenthesis the proportion of NH_3 -SSWL in organic matter of diet).

	Koe I Trial I (17.9 %)		Koe II Trial II (8.8 %)		Koe III Trial III (7.0 %)		Koe IV Trial IV (10.9 %) ²⁾	
	Org. aine Organic matter	»Raaka- prot.» »Crude protein»	Org. aine Organic matter	»Raaka- prot.» »Crude protein»	Org. aine Organic matter	»Raaka- prot.» »Crude protein»	Org. aine Organic matter	»Raaka- prot.» Crude protein»
Pässi 1 Sheep 1 ¹⁾	36.6	74.8	56.9	86.2	77.4	82.9		
» 2 » 2	37.3	76.3	47.7	75.9			46.9	78.8
» 3 » 3	36.6	73.0	41.9	65.7			15.0	53.0
» 4 » 4	35.9	72.0	56.1	75.0	47.8	72.5		
Keskim. Average	36.6	74.0	50.6	75.7	62.6	77.7	31.0	65.9

1) No 1 täysikasvuinen, muut kasvavia. No 1 adult, others still growing.

2) Puolet turvetta. Half peat.

Taulukko 6. Kasvavien pässien tyypitase ja kaikkien kivennäistase.

Table 6. Nitrogen balance of growing sheep and mineral balance of all animals.

		Pidättyi keskimäärin g/p — Average retention g/day					
		N	Ca	Mg	K	Na	P
Peruskoe	I	4.24					
Basic diet	I						
Jätekoe	I	3.27					
NH_3 -SSWL diet	I						
Peruskoe	II	3.67	-0.07	+0.66	+0.71	-0.65	-0.13
Basic diet	II						
Jätekoe	II	6.17	+0.61	+0.16	+0.25	-0.17	-0.12
NH_3 -SSWL diet	II						
Jätekoe	III	2.78	+1.07	+0.50	-0.73	+0.73	+0.65
NH_3 -SSWL diet	III						
Jätekoe	IV	2.23	+2.24	+0.40	-0.82	-0.18	+0.47
NH_3 -SSWL diet	IV						

jäteliemipulveri heikentää pötsifermentaatiota ja inhiboiva vaikutus on sitä voimakkaampi, mitä korkeampi dieetin jätekonsentraatio on.

Sulavuutta inhiboiva vaikutus kohdistuu erikoisesti kuituainekseen, kuten taulukon 4 raakakuitu- ja selluloosa-arvoista näkyy. Esimerkiksi raakakuidun sulavuudessa on molemmilla tasoilla perus- ja koedieetin välillä erittäin merkittävä ero ($P < 0.001$) ja yhtä merkittävä on sulavuuden aleneminen siirryttäessä koedieetissä 9 %:n tasolta 18 %:n tasolle ($P < 0.001$). Jättepulveri ei sisällä selluloosaa eikä juuri raakakuituakaan, joten sulavuuden

aleneminen on kohdistunut ohran ja oljen kuituainekseen. Hemiselluloosassa perusrehun sulavuuden mahdollinen aleneminen ei näy, sillä jäte sisältää noin 30 % kuiva-aineesta kemiallisesti hyvin helpoliukoista hemiselluloosaa. Raakaligniinin sulavuus päinvastoin nousee, mutta sille ei kannata panna paljon arvoa, koska ligniini on koostumukseltaan sangen epämääräinen ainesosa. Nousu voidaan tulkita niinkin, että heikentyneen fermentaation vuoksi jätedietistä peräisin olevassa sonnassa on vähemmän mikrobiainesta ja siitä muodostuvaa valeligniiniä (vert. SALO 1965).

Koe kasvaturpeeseen imeytetyllä jätesuurilla (Taul. 4, Koe IV) oli vain omiaan osoittamaan, että turpeesta ei ole märehijäin rehuksi.

Taulukosta 5 nähdään, että pässien välillä oli suuria yksilöllisiä eroja. Täysikasvuinen pässi (no 1) sulatti jätettä paremmin kuin kasvavat; erikoisesti siirappimuodossa tarjottua jätettä, jota rehuyhdistelmässä oli vain 7 % orgaanisesta aineesta, se sulatti paljon paremmin kuin kasvava pässi.

Jätedietin raakaproteiinin sulavuus osoittautui hyväksi, vain korkea jätepitoisuus (Koe I) alensi sitä mainittavammin. Typpitasekoe (taul. 6) osoitti, että pässit pystyivät myös sangen hyvin käyttämään typen hyväkseen. Erikoisesti kokeessa II, jossa jättepulveria oli noin 9 %, typpitase muodostui erittäin hyväksi. Selitykseksi pätee ilmeisesti sama, mikä on esitetty säilörehun lisäaineiden vertailussa: kun lisäaine tietyissä rajoissa huonontaa pötsifermentaatiota, säästyy rehun proteiinia mikrobihajotukselta ja typpitase paranee (SYRJÄLÄ 1972).

Koeryhmässä II suoritettiin myös kivennäistasekoe (Taul. 6). Tulokset kurrijauhe/jättepulveridieeteillä eivät poikenneet oleellisesti toisistaan. Voitiin todeta, että jäteliempulveri ei 7–9 %:n tasolla vaikuta eläimen kivennäistaseeseen.

Pässeiltä tutkittiin hemoglobiini ja hematokriitti heti sen jälkeen, kun koko koeohjelma oli viety läpi. Molemmat arvot olivat normaalit.

Miksi jäteliempulveri sitten on huonosti maittavaa, aiheuttaa jo 20-prosenttisenä seoksena lievää ripulia ja alentaa kuituaineksen sulavuutta sitä enemmän, mitä enemmän tuotetta rehuun on lisätty? Vastaus on vain arvailua. Ensimmäiseksi tietenkin epäillään kemikaaleja, joita käytetään puun prosessoinnissa, erikoisesti korkeaan rikkipitoisuuteen on kiinnitetty huomiota. Toinen mahdollisuus on puun omista aineosista — ehkä yhdessä lisättyjen kemikaalien kanssa — prosessoinnissa mahdollisesti muodostuneet bakterisidiset yhdisteet. Esimerkiksi ligniinistä saattaa molekyylien osittain hajotessa muodostua mikrobien kasvua inhiboivia aineita, sisältyyhän ligniinimolekyyliin mm. fenoli- ja aldehydiryhmiä. Toiselta puolen tiedetään, että pötsimikrobit reagoivat herkästi moniin vieraisiin aineisiin; esimerkkinä tästä on formaldehydi, joka jo alhaisena konsentraationa voimakkaasti alentaa pötsifermentaatiota ja rehun sulavuutta (HOGHES ja WILLIAMS 1971). — Haittatekijää ei kokeessa enemmälti pyritty identifioimaan, todettiin vain, että jäteliemituotteissa on jokin pötsifermentaatiota inhiboiva aine, jonka eläimet ilmeisesti aistivat ja sen vuoksi vieroksuvat tuotetta.

Jäteliemipulverin ry-arvo

Rehuyksikköarvon laskeminen edellämainittujen kokeiden perusteella on tiettyssä määrin arviokauppaa. Orgaaninen aine kuuluu käytännöllisesti katsoen kokonaisuudessaan ryhmään raakahiilihydraatit, sillä tuotteen »raakaproteiini» on ammoniakkityyppä kerrottuna tavanomaisella raakaproteiinikertoimella ja rasvaa jäte ei sisällä. Rehutaulukoista ei löydy tuotetta, joka antaisi viiheen arvoluvusta (raakakuitua tuote ei sisällä). Sokerijuurikasmelassi lienee lähinnä, sille on ilmoitettu arvoluku 0.87. Tätä arvolukua käyttäen saadaan kokeiden I ja II keskimääräisten sulavuusprosenttien mukaan jäteliemipulverille (90 % kuiva-ainetta) seuraavat rehuarvot:

	Jätteen org. ainetta dieetin org. aineesta	Ry-arvo	Korvausluku
Koe I	17.9 %	0.40	2.5
» II	8.8 »	0.56	1.8
» III (siirappi)	7.0 » (täysikasvuinen pässi)	0.85	1.2
	(kasvava pässi)	0.53	1.9

Jättesiirappikokeessa (III) oli vain kaksi eläintä (muissa neljä) ja niiden sulavuustulokset poikkesivat toisistaan hyvin paljon. Sen vuoksi niiden tulos on laskettu erikseen. Siirapille on ry-arvo laskettu 90 % ja kuiva-aineen mukaan, jotta on saatu pulverin kanssa vertailukelpoisia lukuja.

Tuloksista voitaneen päätellä, että jäteliemipulverin ja -siirapin ry-arvo riippuu sen määrästä dieetissä: jos sitä on rehuyhdistelmässä noin 18 % orgaanisesta aineesta, on korvausluku huonon heinän luokkaa eli 2.5. (Näin konsentroituna eläimet syövät sitä vain, jos muuta rehua ei anneta ja silloinkin vastahakoisesti). Jos määrä pudotetaan puoleen, on korvausluku 1.8. Vanhalla pässillä siirappimuodossa 7 % osuutena dieetin orgaanisesta aineesta annettu jäte oli ry-arvoltaan jopa kauran veroista, mutta kasvava pässi antoi samalle tuotteelle korvausluvun 1.9. Yksilölliset erot olivat yleensäkin hyvin suuria ja voi olla, että tottuminenkin vaikutti jonkin verran tulokseen. Tässäkin koesarjassa sulavuus parani koejaksojen myötä, mikä seikka kuitenkin tulkittiin jättepulverin vähentämisen ansioksi, koska määrän alentaminen poisti tuotteen ruoansulatukselliset haittavaikutukset. Lisättäköön vielä, että itse jätteen sulavuus tuskin suuresti vaihtelee, vaihtelu johtuu sen vaikutuksesta perusrehun sulavuuteen, mikä differenssikoetta käytettäessä tulee lasketuksi perusdieettiin lisätyn aineen osalle.

Ruokintakokeet lypsylehmillä

Ensimmäinen koe suoritettiin kolmella lehmällä, jotka olivat poikineet noin 4,5 kk aikaisemmin. Ne olivat 2—3 kertaa poikineita ja terveitä. Lehmät olivat edellä olleet ruokintakokeessa, missä niiden syönti, maitotuotos ja veri-arvot oli kontrolloitu. Maitotuotos koetta aloitettaessa oli 15—20 kg/p. Leh-

mät olivat saaneet säilörehua, heinää, melassileikettä, kaura-ohraseosta, soijarouhetta ja kivennäisseosta. Kokeessa jätettiin soijarouhe pois ja valkuaisvähennys korvattiin koerehulla ja lisätyllä säilörehulla. Koerehu sisälsi jäte-liempulveria ja viherjauhoa suhteessa 1: 1, se sekoitettiin väkirehuun. Koerehun määrää lisättiin kahtena ensimmäisenä päivänä 350 g, sitten vähemmän, koska lehmät jättivät väkirehua ja ehtyivät. Määrä rajattiin sitten 1 kg:ksi/p ja tämän lehmät yleensä söivät ja maidontuotanto pysyi alkupudotuksen jälkeksi tasaisena, kuten kuvasta 1 käy ilmi. Siinä lehmien ry- ja puhtaan jättepulverin syönti sekä maitotuotos esitetään kymmenpäivittäin päivää kohti laskettuna keskiarvona.

Koe osoitti että siirto jättepulveriin tapahtui liian nopeasti. Väki-rehun syönti ja maitotuotos laski siirtokautena jyrkästi. Kun koerehun määrää ei enää nostettu ja lehmät tottuivat uuteen rehuun, ei tuotos enää laskenut, mutta ei liioin noussut ennalleen. On tosin huomattava, että lehmien poikimisesta oli kulunut jo noin 5 kk, eikä heruminen takaisin tässä laktaatiovaiheessa normaalitikaan tapahdu helposti.

Maidosta tehtiin kerran viikossa rasvamääritys kolmen peräkkäisen päivän sekanäytteestä ja rasvaprosentit näkyvät maitotuotosta kuvaavan pylvään päällä numeroina. Jättepulverin syötöllä ei ollut sen mukaan vaikutusta maidon rasvaprosenttiin.

Lehmistä otettiin ennen koetta, muutamaan kertaan koeaikana ja sen jälkeen verinäytteet, joista määritettiin erilaisia orgaanisia ja epäorgaanisia komponentteja. Ketoaineet määritettiin BAKKERIN ja WHITEN (1957) menetelmällä, glukoosi NELSONIN (1944) ja SOMOGYI'n (1945) menetelmällä ja kivennäisaineet jo aiemmin mainituilla menetelmillä. Tulokset näkyvät taulukossa 7. Mitään vaikutusta veren koostumukseen ei ilmennyt.

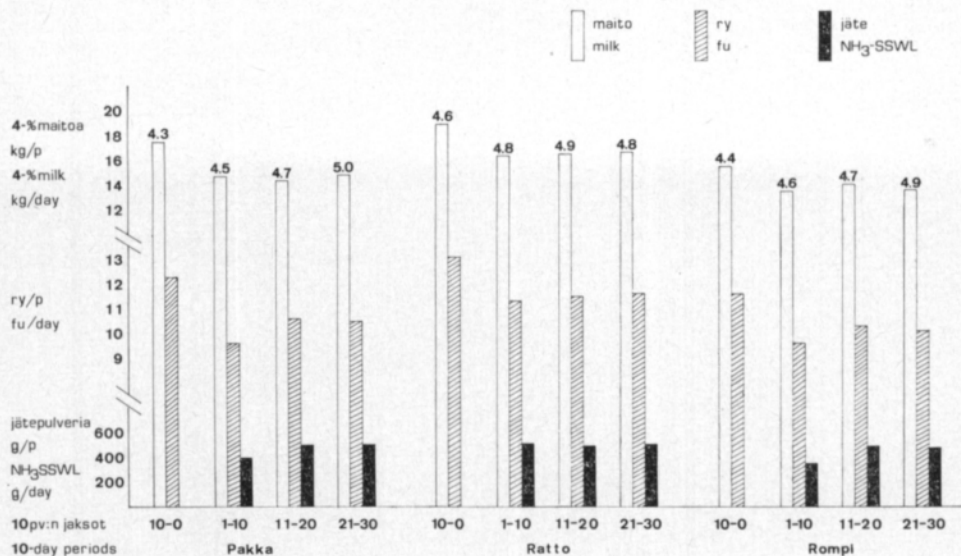
Toisessa kokeessa siirto järjestettiin loivaksi. Siihen otettiin kaksi lehmää, joilta niinkään edellä oli kontrolloitu syönti, tuotos ja veriarvot. Lehmät olivat poikineet 7—8 viikkoa aikaisemmin, toinen oli ensikko, toinen 4 kertaa poikunut, molemmat korkeatuottoisia. Lehmien rehut olivat samat kuin edellä. Tällä kertaa mitään ei jätetty pois, vaan puhdasta jäteliempulveria (näyte A, taul. 1) annettiin väkirehuseoksessa lisäten määrää 50 g:lla joka toinen päivä. Ry- ja A-pulverin syönti sekä maitotuotos kymmenen päivän keskiarvoina ja maidon rasvapitoisuus näkyy kuvassa 2.

Näin varovasti lähtien ei syöntivaikeuksia eikä liioin maidontuotannon laskua ilmennyt ennenkuin päästiin lähes kilon jättepulverimäärään päivässä. Kun määrä oli noussut 1000 g:ksi/p, koe keskeytettiin, koska silloin lehmät jättivät väkirehuja niin paljon, että maitotuotos alkoi aleta.

Jättepulveri ei tässäkään kokeessa vaikuttanut maidon rasvapitoisuuteen eikä liioin veriarvoihin, jotka nähdään taulukossa 7. Ne vähäiset hemoglobiinin ja hematokriitin alenemiset, jotka kokeen aikana tapahtuivat, ovat Viikin karjassa normaalitikin laktaation edetessä todettu ilmiö. Veren hivenainepitoisuuksien vaihtelu on niinkään normaali ilmiö ja suuruusluokka on sama, mikä Viikin lehmillä yleensä on todettu.

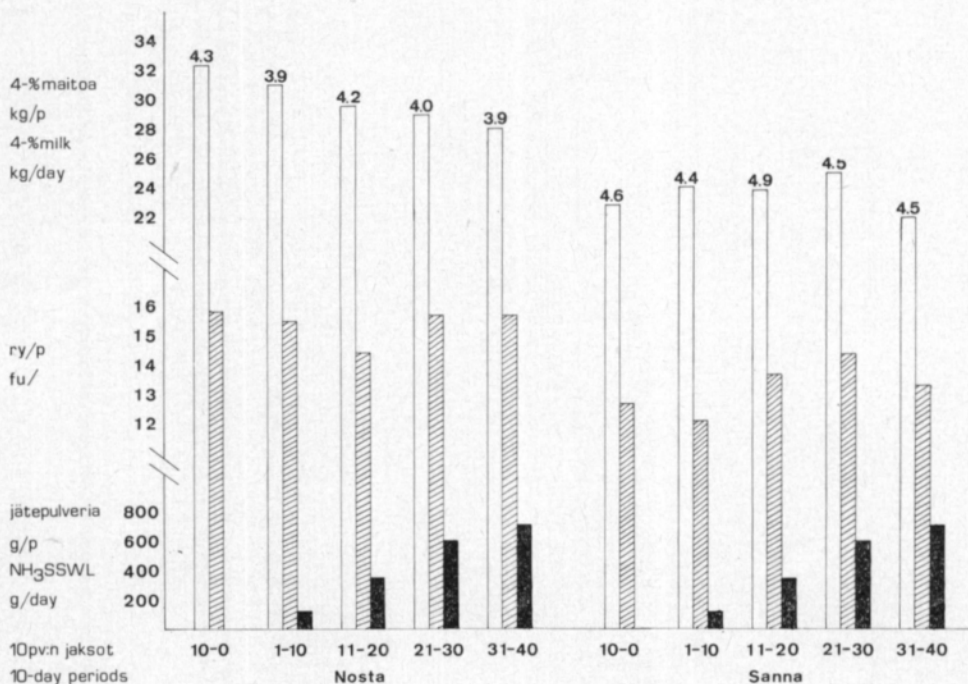
Taulukko 7. Koelohmien veren koostumus.
 Table 7. Blood composition of experimental cows.

	Lehmä - Cow			Pakka			Ratto			Rompi			Nosta			Sanna								
Päivä - Date	14.1.	5.2.	16.2.	23.2.	10.3.	14.1.	5.2.	16.2.	23.2.	10.3.	14.1.	5.2.	16.2.	23.2.	10.3.	17.3.	1.4.	15.4.	23.2.	3.3.	10.3.	2.4.	21.4.	
	Koe - Trial			Koe - Trial			Koe - Trial			Koe - Trial			Koe - Trial			Koe - Trial								
Hemoglobiini mg/100 ml	11.6	11.7	11.6	11.1	13.1	12.0	13.0	11.0	11.6	10.5	11.6	11.0	10.2	11.2	10.2	10.8	10.8	11.2	12.3	11.4	11.7	10.2		
<i>Haemoglobin</i> †	2.4	2.1	2.3	2.5	2.4	2.2	2.3	2.3	2.5	2.5	2.4	2.4	2.5	2.6	3.0	2.5	2.4	2.5	2.8	3.0	2.7	2.7		
Hematokriitti-%	6.1	5.5	5.2	6.1	5.7	6.8	5.2	5.5	6.1	5.6	6.8	7.8	7.0	8.6	8.0	5.0	5.1	5.1	6.4	7.0	6.4	6.2	5.1	
<i>Haematocrit</i> †	150	170	160	185	178	228	148	160	170	218	126	148	170	169	155	191	168	162	182	170	180	169	124	
Glukoosi mg-%	78	75	73	70	79	81	70	76	70	78	80	70	79	71	80	89	85	71	75	85	80	80	111	
<i>Glucose</i> †	94	150	105	77	120	110	60	105	100	100	76	87	160	85	77	69	70	97	62	56	100	72	84	
Ketoinaivat †	5.4	5.3	4.3	4.6	5.6	7.4	4.4	3.8	5.5	5.6	6.4	5.8	5.3	8.6	6.0	3.0	3.5	5.9	5.4	2.1	6.9	7.5	4.3	7.1
<i>Ketone bodies</i> †																								
Seerumissa In serum:																								
Kalsium Ca mg-%	11.6	11.7	11.7	11.6	11.1	13.1	12.0	13.0	11.0	11.6	10.5	11.6	11.0	10.2	11.2	10.2	10.8	10.8	11.2	12.3	11.4	11.7	10.2	
Magnesium Mg †	2.4	2.1	2.3	2.3	2.5	2.4	2.2	2.3	2.3	2.5	2.5	2.4	2.4	2.5	2.6	3.0	2.5	2.4	2.5	2.8	3.0	2.7	2.7	
Fosfori P †	6.1	5.5	5.2	6.1	5.7	6.8	5.2	5.5	6.1	5.6	6.8	7.8	7.0	8.6	8.0	5.0	5.1	5.1	6.4	7.0	6.4	6.2	5.1	
Rauta Fe µg-%	150	170	160	185	178	228	148	160	170	218	126	148	170	169	155	191	168	162	182	170	180	169	124	
Kupari Cu †	78	75	73	70	79	81	70	76	70	78	80	70	79	71	80	89	85	71	75	85	80	80	111	
Sinkki Zn †	94	150	105	77	120	110	60	105	100	100	76	87	160	85	77	69	70	97	62	56	100	72	84	



Kuva 1. Jäteliempulverin vaikutus lehmien syöntiin ja maidontuotantoon, kun siirto tapahtui nopeasti.

Figure 1. The effect of the NH₃-SSWL product on the feed intake and milk production of cows, when the transition period was short.



Kuva 2. Jäteliempulverin vaikutus lehmien syöntiin ja maidontuotantoon, kun siirto tapahtui hitaasti.

Figure 2. The effect of the NH₃-SSWL product on the feed intake and milk production of cows, when the transition period was long.

Maittavuuskokeet lihamulleilla

Maittavuuskokeiden tarkoituksena oli saada selville, mikä valmistustapa antaisi maittavinta pulveria ja paljonko eläimet sitä vapaaehtoisesti söisivät. Kokeiltavina olivat taulukossa I esitetyt tuotteet, joita merkittiin tunnuksin A-F.

Kokeet suoritettiin pihatossa useana jaksona. Makutuomareina oli 7—11 lihamullia, ikä eri koejaksoina 6—12 kk. Mullit saivat vapaasti säilörehua ja kaurajauhoa sekä vähän heinää. Jätepulveri oli 10- tai 20-prosenttisenä kaurajauhoseoksena tarjolla muovilaatikoissa. Aluksi vertailtiin eriä A, B ja C, sitten eriä D, E ja F. Ensimmäisessä jaksossa eri tuotteiden maittavuudessa ei ollut suuria eroja ja muutaman päivän jaksoina luvut menivät eri kerroilla ristiin 35 päivän loppujaksossa jo lähes vuoden ikäiset sonnit söivät 20-prosenttisisä seoksessa eri valmisteita puhtaaksi pulveriksi laskettuna seuraavasti:

Jätepulveri A	43 g/eläin/p		
„ B	43 „	Yhteensä	122 g/eläin/p
„ C	36 „		

Tämä oli vapaaehtoisen syönnin maksimi tottumisen jälkeen. Kuten näkyy, selviä eroja tuotteiden välille ei tullut.

Lyhyessä jaksossa, jossa kaurajauhon antoa vähennettiin kilolla sonnien normaalisyönnistä ja 20-% seosta oli vapaasti tarjolla, oli syönti parhailtaan noin 150 g jätepulveria/eläin/p.

D, E ja F pulverikokeessa oli 6—8 kk:n ikäisiä jauhoon tottumattomia eläimiä. Lisäksi ilmat olivat lämmenneet, ja mahdollisesti tuotteen haju tuntui pistävämpänä. Jätepulveria kului parhaimmillaan yhteensä 62 g/eläin/p. Näistä seoksista D oli ylivoimaisesti heikoimmin maittava, paras oli F, mutta suurta eroa E:n ja F:n välillä ei ollut.

Maittavuuskoee osoitti, että 10—20 prosenttisenä seoksena kaurajauhon joukossa jäteliemipulveri maittoi lihamulleille varsin heikosti, kun niillä oli vapaasti saatavana puhdasta kaurajauhoa ja säilörehua. Eri tuote-erien maittavuudessa oli vain pieniä eroja lukuunottamatta jauhoa D, joka jäi melkein koskematta. Huomattakoon, että sonnit saivat riittävästi raakaproteiinia säilörehusta ynnä kaurasta, joten typpivajausta niiden ei jättereihulla tarvinnut täyttää.

Tiivistelmä ja johtopäätökset

Tutkimus käsitteli koivuraaka-aineesta ammonium neutraali-sulfiittikeitossa muodostuvan kuivatun jäteliemen käyttöä märehitjän rehuna. Tuote koostui pääasiassa ksylaanista ja ligniinistä. Kumpikin aine oli suureksi osaksi niin muuttuneessa muodossa, että tavanomaiset määritysmenetelmät ilmaisivat niistä vain osan. Typen määrä vaihteli erilaisissa valmisteissa rajoissa 4—7 %, rikin 4.5—9 % ja etikkahapon 0.5—7 % kuiva-aineesta.

Sulavuuskokeet lampailta osoittivat, että kun ohra-olki-kurrijauhe yhdistelmässä kurrijauhe korvattiin jäteliemipulverilla, dieetin orgaanisen aineen sulavuus aleni 18 %:n tasolla (I) 84.0 %:sta 73.5 %:iin ($P < 0.001$) ja 9 %:n tasolla (II) 82.1 %:sta 77.8 %:iin ($P < 0.001$). Jätepulveri alensi erikoisesti dieetin kuituaineksen sulavuutta. Niinpä raakakuidun sulavuus aleni I tasolla

46.3 %:sta 15.8 %:iin ja II tasolla 37.8 %:sta 29.4 %:iin. Ero sulavuuden ja samoin tasojen välillä oli erittäin merkitsevä ($P < 0.001$). Jäteliemipulveri itsessään ei sisältänyt selluloosaa eikä juuri raakakuituakaan.

Erotuksena laskien saatiin jäteliemipulverin sulavuudeksi I tasolla 36.6 % ja II tasolla 50.6 %. Ry-arvot olivat vastaavasti 0.40 ja 0.56. Typen hyväksikäyttö oli hyvä ja eläinten kivennäistase normaali, samoin veriarvot.

Sekä sulavuuskokeet että lypsylehmillä ja lihasonneilla tehdyt ruokintakokeet osoittivat, että jäteliemipulveriin ei ainakaan nyt kokeillaissa muodoissa kannata kiinnittää suuria toiveita. Sen ry-arvo on ilmeisen heikko ja vähänkin suurempina konsentraatioina tuote heikentää rehun maittavuutta ja sulavuutta. Jo yksin heikko maittavuus määrää käytön ylärajaksi 5–7 % väkirehusta ja tälläkin tasolla siirron täytyy tapahtua hitaasti.

Eläinten terveydentilaan jätelupulveri ei parin kuukauden koeaikana näyttänyt vaikuttavan haitallisesti. Se ei myöskään vaikuttanut maidon rasvaprosenttiin eikä liioin maitotuotokseen silloin, kun konsentraatio oli niin alhainen, ettei se vähentänyt syöntiä. Tästä huolimatta sen rehuksikäyttö on kyseenalaista. Korkeintaan sellaisissa oloissa, joissa lypsylehmien tai lihamullien valkuais-tarvetta on vaikea tyydyttää, sitä voisi ajatella väkirehuun 5–7 prosenttisena seoksena. Tämä määrä nostaisi seoksen raakavalkuaispitoisuutta 2–2½ %-yksiköllä, mikä merkitsisi korkeatuottoisilla lypsylehmillä 2–3 maitokiloon päivittäin tarvittavaa raakavalkuaismäärää. Eri asia on, kannattaako tuotetta valmistaa pelkästään typenlähteeksi, kun kilpailijana on hinnaltaan edullinen urea.

KIRJALLISUUTTA

- BAKKER, N. & WHITE, R. R. 1957. A simplified micro-method for the colorimetric determination of total acetone bodies in blood. *N. Z. J. Sci.* 38: 1001–1008.
- BARTLEY, E. E., FARMER, E. L., FROST, H. B. & DAYTON, A. D. 1968. Comparative value of dry and liquid hemicellulose extract and liquid cane molasses for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 51: 706–709.
- CROYLE, R. C. & LONG, T. A. 1971. Nutritive evaluation of ammonium lignin sulfonate. *J. Anim. Sci.* 33: 313.
- HUGHES, J. G. & WILLIAMS, G. L. 1971. The effect of formaldehyde treatment of protein supplements upon their in vitro fermentation and utilization by sheep. *Proc. Nutrit. Soc., London* 30: 41A–42A.
- NELSON, N. 1944. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 153: 375–380.
- PERRY, T. W. 1964. New wood molasses (Hemicellulose extract) equivalent to cane molasses for beef cattle. *Feedstuffs* 36 No 46.
- SALO, M.-L. 1965. Determination of carbohydrate fractions in animal foods and faeces. *Acta Agr. Fenn.* 105: 1–102.
- SOMOGYI, M. 1945. A new reagent for the determination of sugars. *J. Biol. Chem.* 160: 61–68.
- SYRJÄLÄ, L. 1972. Effect of different sucrose, starch and cellulose supplements on the utilization of grass silages by ruminants. *Ann. Agric. Fenn.* 11: 199–276.
- TAUSSKY, H. H. & SHORR, E. 1953. A microcolorimetric method for the determination of inorganic phosphorus. *J. Biol. Chem.* 202: 675–685.
- TUORI, M. & LAMPILA, M. 1971. Puusta eristetty hemiselluloosa lypsykarjan ruokinnassa. *Koetoim. ja Käyt.* 28: 30.
- WILLIAMS, D. L., MOORE, J. D., MARTIN, L. C. & TILLMAN, A. D. 1969. Studies on liquid hemicellulose and cane molasses in urea-containing diets. *J. Anim. Sci.* 28: 125.