



LIETUVOS SVEIKATOS
MOKSLŲ UNIVERSITETAS



LIETUVOS RESPUBLIKOS
ŽEMĖS ŪKIO MINISTERIJA

PROJEKTĄ REMIA LIETUVOS RESPUBLIKA

LIETUVOS SVEIKATOS MOKSLŲ UNIVERSITETAS
GYVULININKYSTĖS INSTITUTAS

**EIP PROJEKTO „HYDRO TERMO DINAMINĖS TECHNOLOGIJOS PRITAIKYMAS
GYVULININKYSTĖS ŪKIUOSE, APDOROJANT VIETINIUS PUPINIUS PAŠARUS,
GERINANT JŲ ĮSISAVINAMUMĄ IR MAŽINANT ŠESD KIEKIO IŠSISKYRIMĄ“**

2024 m. GALUTINĖ ATASKAITA

Tyrimo vadovas: *Dr. Virginijus Uchockis*

Baisogala

2024

Vykdytojai:

dr. Saulius Bliznikas,

dr. Virginijus Uchockis,

dr. Raimondas Leikus.

IVADAS

Galvijų bei kitų gyvulių racionuose vyrauja ūkiuose išauginti pašarai. Gerų gyvulių augimo ir produktyvumo rezultatų galima pasiekti tik pakankamai paruošus geros kokybės pašarus. Be to, intensyviai vystant gyvulininkystę būtinos baltyminės žaliavos. Daugelį iš jų (pvz. sojų rupinius) tenka importuoti iš užsienio. Daugeliu atveju sojų rupiniai būna gaunami iš pupelių, turinčių genetiškai modifikuotų organizmų (GMO.) Todėl pastaruoju metu ES šalyse jau siekiama iki minimumo (25-30 %) sumažinti tokių žaliavų naudojimą gyvūnų racionuose bei skatinama taikyti vietinius alternatyvius komponentus. Kad geriau aprūpinti galvijų ir kitų gyvūnų racionus visaverčiais baltymais ir ieškoma būdų, kaip geriau panaudoti vietinius pašarus. Kaip vertingas baltymų šaltinis racionuose galėtų būti pupinių (žirnių, pupų, lubinų) sėklos, aliejinių augalų (rapsų, judrų, sėmenų, pluoštinių kanapių) išspaudos.

Vienas iš vertingesnių ir mūsų šalyje plačiai paplitusių pupinių augalų būtų pašarinės pupos. Kaip ir kitų pupinių, jų sėklose gausu baltymų, kurie pasižymi aukšta biologine verte, turi visas nepakeičiamas aminorūgštis. Pašarinių pupų cheminė sudėtis bei maistingumas ir jų palyginimas su kitais pupiniais pateikiami 1 lentelėje. Lyginant su žirniais, pupose baltymų būna 1,3 karto daugiau bei pagal jų kiekį nusileidžia tik sojoms ir lubinams. Tad, pagal baltymingumą iš Lietuvoje auginamų pupinių augalų, pupų sėklos yra antroje vietoje po lubinų (pasauliniu mastu – trečioje vietoje po sojų ir lubinų). Pagal aminorūgščių kiekį pupos beveik nenusileidžia žirniams, sojoms, lubinams (2 lentelė). Tik, kaip ir žirniuose bei lubinuose, pupų baltymuose būna mažiau (atitinkamai 2,2 ir 1,6 karto) metionino ir cistino, lyginant su sojomis. Pažymėtina, kad lizino ir valino pupų baltymai turi daugiau (atitinkamai 1,3 ir 1,5 karto), palyginti su lubiniais, o pagal arginino kiekį netgi lenkia žirnius, sojas ir lubinus. Pupų sėklose gausu angliavandenių, mikroelementų, ypač geležies (112-116 mg/kg), vario (10,3-11,0 mg/kg), cinko (37-40 mg/kg; Frejnagel et al., 1997; Gyvulininkystės žinynas, 2007; Hejdysz et al., 2022).

Esant geroms sąlygoms, pupų derlingumas siekia apie 4-5 t/ha. Naudojant gyvulių racionuose pupas būtina sumalti ir sumaišyti su kitais komponentais. Į melžiamos karvėms skirtus kombinuotuosius pašarus pupų miltų galima įmaišyti 10-20 %, galvijų prieaugliui virš 6 mėn. amžiaus – 20-25 %, paršavedėms – 5-10 %, 30-65 kg svorio penimoms kiaulėms – 15-20 %, 60-120 kg svorio penimoms kiaulėms ir veisliniam prieaugliui – 20-25 %, 20-30 kg svorio nujuntytiems paršeliams – 8-15 %, paršeliams iki 20 kg svorio – 4-8 % (Rekomendacijos gyvulininkystei ir paukštininkystei, 2004).

1 lentelė. Pašarinių pupų cheminės sudėties ir maistingumo palyginimas su kitais pupiniais

Rodikliai	Pašarinės pupos (LSMU GI, 2023)	Žirniai (Gyvulininkystės žinynas, 2007)	Lubiniai (Gyvulininkystės žinynas, 2007)	Sojų pupelės (Gyvulininkystės žinynas, 2007)
Sausosios medžiagos %	85,73	84,00	89,00	88,30
Žali baltymai %	26,50	20,58	38,23	32,69
Žali riebalai %	0,97	1,71	4,42	17,40
Žalia ląsteliena %	5,63	6,38	14,94	7,46
Neazotinės ekstaraktinės medžiagos (NEM) %	49,80	52,79	27,89	25,48
Žali pelenai %	2,84	2,54	3,51	5,26
Kalcis %	0,103	0,127	0,279	0,132
Fosforas %	0,361	0,409	0,632	0,600
Apykaitos energija MJ/kg	11,36	11,59	12,02	14,02

2 lentelė. Svarbiausių nepakeičiamųjų amino rūgščių kiekis pupų bei kitų pupinių sėklose

Aminorūgštys	Pašarinės pupos (LSMU GI, 2023)		Žirniai (Hugman et al. 2021)		Lubinai (Kim et al., 2007)		Sojų pupelės (Banaszkiewicz, 2011)	
	g/kg pašare	g/kg ŽB	g/kg pašare	g/kg ŽB	g/kg pašare	g/kg ŽB	g/kg pašare	g/kg ŽB
Lizinas	14,82	5,59	14,50	7,05	17,03	4,45	23,80	7,28
Metioninas	2,15	0,81	1,80	0,87	2,37	0,62	5,90	1,80
Cistinas	2,57	0,97	3,00	1,46	5,97	1,56	5,14	1,57
Treoninas	8,30	3,13	7,20	3,49	12,17	3,18	14,40	4,41
Triptofanas	2,96	1,12	1,80	0,87	3,23	0,84	5,30	1,62
Valinas	12,68	4,78	9,10	4,42	12,47	3,26	16,05	4,91
Fenilalaninas	10,56	3,98	9,30	4,52	13,27	3,47	17,80	5,45
Leucinas	17,73	6,69	13,60	6,61	24,93	6,52	26,20	8,01
Izoleucinas	11,06	4,17	8,30	4,03	13,60	3,56	17,60	5,38
Argininas	24,18	9,12	14,70	7,14	31,60	8,27	25,60	7,83
Histidinas	9,82	3,71	4,50	2,19	8,40	2,20	7,62	2,33

Nežiūrint aukštos maistinės ir pašarinės vertės, kaip ir kituose pupiniuose, pupų sėklose randama ir antimonybinių bei kenksmingų junginių. Svarbesni iš jų, aptinkami pupose, yra (Alert et al., 2004; Alonso et al., 2000; Hejdysz et al., 2022; Samtiya, 2020):

Tripsino ir chimotripsino inhibitoriai – blokuoja kasos ir dvylikapirštės žarnos fermentų tripsino ir chimotripsino veiklą bei mažina baltymų virškinamumą ir įsisavinimą. Pupų sėklose tripsino inhibitorių gali būti 2,84-5,33 TIV/mg, chimotripsino inhibitorių – 1,4-3,1 CIV/mg (TIV – tripsino inhibitorių vienetai, CIV – chimotripsino inhibitorių vienetai; 1 TIV arba CIV atitinka vieno tripsino arba chimotripsino aktyvumo vieneto nuslopinimą).

Taninai – blokuoja virškinimo fermentų veiklą, blogina skonines pašaro savybes. Jų kiekis pupose siekia 2,1-4,5 %. Šie junginiai daugiausiai kaupiasi luobelėje. Pastaruoju metu yra išvestos mažai taninių turinčios pupų veislės, kurių sėklose minėtų junginių būna nuo 0,02 iki 0,08 %.

Pirimidingliukozidai vicinas bei konvicinas – blogina pašaro skonines savybes, gali sukelti virškinimo sistemos, širdies veiklos sutrikimus. Priklausomai nuo veislės, pupų sėklose vicino gali būti nuo 0,03 iki 6,2 %, konvicino – nuo 0,03 iki 3,2 %.

Fitino rūgštis – mažina fosforo, mangano, geležies, cinko bei vario įsisavinimą. Pupose fitino rūgšties būna apie 0,85-1,64 %.

Lektinai – mažina žarnų gleivinės pralaidumą. Pupose jų gali būti apie 30-45 mg/kg.

Alfa-galaktozidai - sukelia dujų kaupimąsi žarnyne. Iš jų paminėtini *stachiozė, rafinozė* ir *verbaskozė*, kurių kiekiai pupose siekia atitinkamai 0,69-1,38 %, 0,09-0,34 % bei 2,15-2,92 %.

Apdorojant pupas įprastais mechaniniais paruošimo būdais (**malant arba traiškant**), aukščiau išvardyti antimonybiniai junginiai nesuardomi bei nepasišalina. Kai kuriuos junginius, kurie daugiausia susikaupę luobelėje, kaip taninai, galima pašalinti pupas nulukštenat. Tokiu būdu taninų kiekis gali būti sumažinamas net 90-96 %, ląstelienos – 40-60 %, o tokių junginių, kaip vicinas arba konvicinas – 30-50 % (Alonso, et al., 2000; Frejnagel et al., 1997; Samtiya, 2020). Tačiau lukštentos pupos daugiausia gali būti taikomos jauniems gyvuliams, kurie sunkiau virškina ląstelieną.

Siekiant pagerinti pupų ir kitų pupinių augalų sėklų maistinę vertę bei panaudojimo efektyvumą ir pašalinti antimonybinius junginius būtinas terminis apdorojimas. Tokiu būdu suardoma sėklose esančio krakmolo struktūra, jis suskyla į paprastesnius junginius – dekstrinus (įvyksta krakmolo dekstrinizacija ir žėatinizacija), denatūruojasi baltymai, kadangi suskaidomos peptidinės ir vandenilinės jų jungtys, ženkliai sumažėja antimonybinių junginių, tokių, kaip tripsino ir chimotripsino inhibitoriai, lektinai, taninai, kiekis, dėl ko pagerėja pašarų virškinamumas ir įsisavinimas, skoninės savybės bei ėdamumas. Tai sąlygoja aukštesnę gyvulių produktyvumą, geresnę pašarų konversiją. Be to, terminis apdorojimas sunaikina patogeninę mikroflorą bei pelėsius grybelius. Kad išvengtų maisto medžiagų ir vitaminų nuostolių, geriausia, kad terminio apdorojimo metu temperatūra neviršytų 115 °C (Samtiya et al., 2020; Трунова, 2005).

Labiausiai paplitę terminio apdorojimo būdai, taikomi pupoms ir kitiems pupiniams, būtų šie:

Kaitinimas – šis būdas naudojamas siekiant sumažinti tripsino, chimotripsino inhibitorių bei kitų antimitybinių junginių kiekiui. Labiau taikomas kaitinimas garais. Tokiu būdu sėklos susmulkinamos ir paveikiamos garais esant 110-120 °C temperatūrai 30-40 minučių. Pupinių sėklas galima kaitinti ir sausu karštu oru 100-120 °C temperatūroje 30-40 min. (Трунова, 2005; Шаршунов, 2000). Kaitinant garais arba karštu oru, tripsino bei chimotripsino inhibitorių kiekis pupų sėklose sumažėja 80-95 %, lektinų – 90-97 %, taninų – 50-65 %, alfa-galaktozidų – 40-50 % (Samtiya et al., 2020; Трунова, 2005).

Skrudinimas – taip dažniausiai apdorojamos sojų pupelės, nors šis būdas tinka ir pupoms bei kitiems pupiniams, siekiant inaktyvuoti tripsino, chimotripsino inhibitorius, pašalinti lakiuosius junginius. Tokiu būdu pagerinamas baltymų virškinamumas ir įsisavinimas (10-15 %). Proceso esmė – 30-60 min. trukmės kaitinimas 85-110 °C temperatūroje, pašalinant perteklinį drėgnį. Tokiu būdu sėklos išsipučia, padidėja jų apimtis, pagerėja skoninės savybės bei pašaro įsisavinimas. Skrudinant pupų sėklose tripsino inhibitorių bei lektinų kiekį galima sumažinti 90-98 % (Akande, Fabyi, 2010; Samtiya et al., 2020).

Baroterminis apdorojimas – taikant šį būdą, naudojama aukšta temperatūra bei slėgis. Veikiant šilumai, drėgmei bei slėgiui, pupų ir kitų pupinių sėklose vyksta biocheminiai procesai, kurių metu įvyksta dalinė krakmolo fermentacija, dekstrinų susidarymas bei želatinizacija, denatūruojasi baltymai. Tai sąlygoja geresnes skonines pašaro savybes, pagerėja azotinių medžiagų panaudojimas (iki 10 %). Geriausia sėklas arba grūdus paveikti garais 5-15 min. (temperatūra nuo 60 iki 96 °C, slėgis – 0,28-0,49 MPa, garo išeiga – 50-70 g/kg). Šis apdorojimo būdas iš dalies neutralizuoja neigiamą pelėsinų grybų poveikį pašarui, tripsino inhibitorių kiekį sumažina 85-95 % (Трунова, 2005; Шаршунов, 2000).

Autoklavavimas – apdorojant šiuo būdu, kaitinama autoklavuose 30-45 min., veikiant garais, esant 120 °C temperatūrai bei slėgiui (0,1-0,2 MPa). Autoklavuojant beveik inaktyvuojasi ir suyra visos pašare esančios antimitybinės medžiagos (tripsino inhibitoriai, lektinai pašalinami 95-99 %; Akande, Fabyi, 2010; Samtiya et al., 2020; Трунова, 2005).

Granuliavimas. Granuliuojami tiek kombinuotieji pašarai, tiek pašarinės žaliavos (grūdai, sėklos, išspaudos, rupiniai). Tai atliekama, naudojant presus-granuliuojančius. Apdorojant šiuo būdu, pašaras pakaitinamas ir sudrėkinamas iki 16-18 %. Palaidi pašarai patenka į presą-granuliuojančių, kur garo poveikyje pakeičia plastines savybes (tampa tąsesni ir plastiškesni). Pašarai pakaitinami garu iki 75-90 °C temperatūros ir presuojami. Garo slėgis priklauso nuo pašaro sudėties. Įprastiems pašarams taikomas 0,4-0,5 MPa slėgis, garo išeiga 50-60 g/kg. Apdorojimo trukmė – 20-30 s. Po apdorojimo granulės atvėsinaamos iki 15-20 °C temperatūros. Granulės gaminamos įvairaus dydžio (2, 3, 5, 6 mm ir kt.). Granuliuotus pašarus patogiau transportuoti bei laikyti, jie nedulka, mažiau užsiteršia, nelimpa prie šėrimo įrenginių, juos patogiau išdalyti gyvuliams, būna mažesni nuostoliai (10-12 %). Taip apdorotuose pašaruose geriau išsilaiko maisto ir mineralinės medžiagos, kiekvienos granulės sudėtis būna vienodesnė. Granuliuoti pašarai gerai tinka gyvulių prieaugliui, jie juos ėda dažnai ir nedidelėmis porcijomis, kas teigiamai veikia virškinimo sistemos vystymąsi. Granuliavimo metu beveik sunaikinama žalingi mikrobai ir pelėsiai, taip pat inaktyvuojamos ir antimitybinės medžiagos (tripsino inhibitorių sumažėja 87-96 %). Kad išvengi vitaminų nuostolių, granuliavimo metu temperatūra neturi viršyti 85-90 °C (Hugman et al. 2021; Трунова, 2005; Шаршунов, 2000).

Ekstrudavimas – tai mechaninis terminis pašarų apdorojimas, kurio metu jie per trumpą laiką paveikiami dideliu slėgiu ir aukšta temperatūra. Iš pašaro išgarinamas vanduo, suirusiam produktui suteikiama kita norima forma, spaudžiant masę per specialią konusinę angą su matricomis. Tai atliekama ekstruderiuose – sraigtiniuose presavimo įrenginiuose. Prieš ekstrudavimą vyksta paruošimo procesas – žaliavos smulkinimas, sumaišymas ir drėkinimas vandens garais (kondicionavimas). Ruošiant ekstrudavimui pupinių miltus, kondicionavimo metu drėgnis yra apie 11-16 %, temperatūra – 60-90 °C. Ekstrudavimo proceso metu žaliava ekstruderyje kaitinama ir suspaudžiama veikiant aukštu slėgiu (3-5 MPa). Temperatūra pakyla iki 120-150 °C. Tuomet masė spaudžiama pro angą. Pats ekstrudavimo laikas labai trumpas ir trunka iki 5-20 s. Patenkant pašarui iš aukšto slėgio zonos į atmosferinį slėgį, pašaras išsipučia bei sprogstą, putoja, padidėja kelis kartus. Taip gaunama homogeniška ir korėta masė. Tokie pašarai būna malonaus duonos skonio, gyvuliai juos noriai ėda. Ekstrudavimo metu įvyksta krakmolo želatinizacija ir kleisterizacija. Dalis krakmolo suskyla iki dekstrinų, disacharidų bei maltozės, cukraus kiekis pašare padidėja 2-2,2 karto. Krakmolo želatinizacijos laipsnis turi būti ne mažiau kaip 55 %. Šio proceso metu baltymai dalinai

denatūruojasi, suardomos peptidinės jungtys, paveikiamas ir celiuliozės-lignino kompleksas, padidėja hemiceliuliozės kiekis, masė tampa tasesnė ir klampesnė. Estrudavimas gali padidinti azoto junginių tirpumą 5-10 %. Ekstrudavimo metu dalinai arba visiškai (priklausomai nuo laiko ir temperatūros) inaktyvuojamos ir sunaikinamos antimonybinės bei toksinės medžiagos, ženkliai sumažinamas mikrobinis užterštumas, žūva patogeninė mikroflora, pelėsiniai grybeliai. Kadangi ekstrudavimo laikas labai trumpas, vitaminai ir biologiškai aktyvios medžiagos beveik išlieka nesuirę (Трунова, 2005; Шаршунов, 2000). Geriausi rezultatai gaunami, kai ekstrudavimo metu temperatūra neviršija 110-115 °C. Tokiu būdu tripsino inhibitorių sumažėja 91-98 %, lektinų – 97-99 %, baltymų ir krakmolo virškinamumas pagerėja atitinkamai 10-14 % ir 75-82 % (Alonso, 2000; Hejdysz et al., 2022; Samtiya, 2020).

Ekspandavimas – tai procesas, kai pašaras paveikiamas drėgniu, slėgiu bei aukšta temperatūra. Tam naudojami įrenginiai – ekspanderiai, konstrukcija ir veikimo principu analogiški ekstruderiams. Tik šiuo atveju produktas yra išspaudžiamas per žiedinį tarpą, kuris reguliuojamas specialiu hidrauliniu įtaisu. Į ekspanderio darbinę zoną yra tiekiamas garas, kas papildomai įkaitina apdorojamą pašarą (ekstruderyje tam naudojama papildomi kaitinimo elementai). Ekspanduoti pašarai būna minkštesni, nedulka. Ekspandavimo metu iš pradžių pašaras kondicionuojamas garais arba vandeniu maišytuve-kondicionieriuje esant 80-90 °C temperatūrai ir 18 % drėgniui. Kondicionavimo trukmė – nuo kelių sekundžių iki 2 min. Toliau pašaras yra veikiamas 100-140 °C temperatūra ir 1,96-4 MPa slėgiu esant 18-20 % drėgniui. Išeinant produktui iš ekspanderio dėl staigaus slėgio kritimo, jis išsipučia, susproginėja, pasidaro lengviau virškinamas. Paprastai ekspanderyje dažniausiai vyraujanti darbinė temperatūra – 90-110 °C. Kad gauti vienalytę masę (kruopelių pavidalu), gautas produktas susmulkinamas struktūriatoriuje. Reikalui esant pašaras gali būti granuliuojamas. Po apdorojimo, tiek granuliuotas, tiek palaidas produktas atvėsinaamas, sumažinant drėgnį iki 10-12 %. Atvėsintas granules galima susmulkinti į kruopeles valciniu malūnu su vibrosietais. Ekspandavimo metu vyksta analogiški biocheminiai procesai, kaip ir ekstruduoiant – krakmolo dekstrinizacija ir kleisterizacija, baltymų denatūracija. Ląsteliena iš pusiau kristalinės formos tampa amorfine, kas sąlygoja geresnį virškinamumą. Taip pat suardomos natūralios ląstelės, turinčios riebalų. Ekspandavimo metu esant aukštai temperatūrai ir slėgiui, ženkliai sumažėja mikrobinis užterštumas, žūva patogeninė mikroflora, sunaikinami pelėsiniai grybeliai, inaktyvuojami ir pašalinami kenksmingi ir žalingi junginiai (tripsino inhibitorių sumažėja 90-96 %). Kadangi ekspandavimo laikas labai trumpas (6-10 s), o temperatūra dažniausiai neviršija 120-130 °C, vitaminų nuostoliai būna nedideli (Шаршунов, 2000).

Mikronizavimas – apdorojant šiuo būdu, pašaras yra paveikiamas infraraudonaisiais spinduliais. Tam naudojama halogeninės kvarco lempos, vamzdeliniai elektros šildytuvai arba spiralės, pagamintos iš didelės elektros varža pasižyminčių medžiagų. Procesu metu infraraudonieji spinduliai patenka į grūdus arba sėklas bei sukelia intensyvių jų vidinį kaitimą. Tokiu būdu higroskopinė drėgmė greitai išgaruoja, staigiai padidėja slėgis pačiuose grūduose arba sėklose, jie išbrinksta, išsipučia, dalinai suskeldėja, ištyžta ir tampa minkšti. Krakmolas, esantis grūduose arba sėklose, mikronizavimo metu išbrinksta, želatinizuojasi, suardoma jo struktūra. Šio proceso metu įvyksta intensyvesnis krakmolo suskilimas iki cukraus (jo kiekis padidėja 2-2,5 karto), be to, 3-5 % padaugėja šarminėje terpėje tirpių baltymų, kas sąlygoja geresnį virškinamumą bei įsisavinimą). Pupinių sėklas apdoroti mikronizavimo būdu geriausia 70 s, esant 150 °C temperatūrai. Kaip ir taikant kitus terminio apdorojimo būdus, mikronizavimo metu inaktyvuojasi antimonybiniai junginiai (tripsino inhibitorių sumažėja 10-14 kartų), 5-6 kartus sumažėja bakterinis užterštumas. Šiuo būdu beveik visiškai sunaikinama patogeninė mikroflora bei pelėsiniai (esant 50-60 s apšvitinimo trukmei; Samtiya, 2020; Шаршунов, 2000).

Dauguma pupų ir kitų pašarinių žaliavų terminio apdorojimo būdų yra tinkami gaminant sausų pašarų mišinius arba kombinuotuosius pašarus. Nors terminis apdorojimas ir pagerina pašaro maistines savybes bei inaktyvuoja antimonybinius ir žalingus junginius, jis turi ir tam tikrų trūkumų. Siekiant maksimaliai sumažinti kenksmingų junginių kiekį arba juos visiškai pašalinti, kartais temperatūra didinama iki 130-150 °C ir daugiau, kas 20-30 % sumažina baltymų virškinamumą, gaunami lizino, metionino su cistinu, treonino nuostoliai (iki 25-45 %), prarandami vitaminai (Martynenko et al.; <https://soya.tekmash.ua>). Pažymėtina, kad naudojant ir aukštesnę nei 115-120 °C temperatūrą, antimonybiniai junginiai nėra visiškai sunaikinami (išskyrus autoklavavimą), o tokios medžiagos kaip gliukozidai vicinas ir konvicinas, taninai, alfa galaktozidai ir kt. pašalinami tik

dalinei (35-65 %; Martynenko et al.; Samtiya, 2020). Be to, terminio apdorojimo įrangoje naudojami šilumos šaltiniai (gasas, kaitinimo elementai), todėl padidėja energijos sąnaudos, kas nulemia ir aukštesnę pašarinių žaliavų kainą. Kai kuriais atvejais, prieš terminį apdorojimą pupų arba kitų augalų sėklas bei grūdus tenka nulukštenti arba išmirkyti, kas sudaro maisto medžiagų nuostolius (dalis jų pašalinama su luobelėmis, patenka į vandenį, kuris yra išpilamas lauk ir taip teršiama aplinka). Todėl buvo ieškoma efektyvesnių pašarų paruošimo būdų, sumažinančių energijos sąnaudas bei sujungiančių visus apdorojimo procesus į vieną ciklą (Martynenko et al. 2015; <https://soya.tekmash.ua>).

Pastaruosiu metu yra sukurta nauja *Hydro termo dinaminė (hidrotermodinaminė, HTD) pašarų ruošos technologija* panaudojant hidrodinaminis reiškinis. Šis apdorojimo būdas gali būti plačiai taikomas drėgnų pašarų mišinių, naudojamų galvijų šėrimui, gamybai. HTD technologija pradėta naudoti sojų pupelių apdorojimui (sojų pieno bei pastos gamybai), taip pat šis būdas gali tikti ir kitiems pupiniams – pupoms, žirniams, lubinams bei pan. Šiai technologijai naudojamas specialus įrenginys, kurį sudaro siurblys su elektros varikliu (yra variantas su dyzeliniu varikliu), talpa arba bunkeris, į kurį pakraunami gaminamo pašaro komponentai (pupos, sojų pupelės arba žirniai, lubinai, vanduo, kiti galimi priedai) ir specialus antgališ – kavitatorius, kuriame vyksta smulkinimas ir kaitinimas, atliekant daugkartinę pakrautų pašarų cirkuliaciją: bunkeris – siurblys – kavitatorius. Procesas užtrunka apie 1-1,5 valandos. Visas procesas vyksta anaerobinėmis sąlygomis. Procese nenaudojamas joks išorinis gasas, kaitinimo elementai ar kitokie šilumos šaltiniai (Martynenko et al. 2015; Osipenko, 2008). Šio hidrodinaminio maišytuvo (kavitatoriaus) veikimas pagrįstas fiziniu reiškiniu – kavitacija. Šio reiškinio esmė ta, kad esant dideliame srauto greičiui arba greitai judant kūnui per skystį susidaro garų burbuliukai. Dėl tekėjimo srauto apribojimo padidėja skysčio greitis. Didėjant tekėjimo greičiui sumažėja vietinis slėgis (Bernulio dėsnis). Jei slėgio kritimas yra pakankamai didelis, jis gali nukristi žemiau skysčio garų slėgio (slėgio, kuriam esant skystis tampa dujomis), todėl gali susidaryti garų burbuliukai. Išėjus iš apribojimo skysčio greitis sumažėja, slėgis atsistato ir garų burbuliukai sprogs. Kai sprogs garų burbulas, burbulo centras labai dideliu greičiu (viršgarsiniu) traukia skysčio srovę. Susidariusi galinga mikrosrovė (kumuliatyvinė) susmulkina skysčio sraute pasitaikančius kietus kūnus. Pupų, žirnių, sojų pupelių bei kitų augalų sėklų smulkinimas vyksta dėl priešpriešinių srautų susidūrimo, mikrohidrosmūgių specialios konfigūracijos antgalyje-kavitatoriuje bei esant kietųjų dalelių sąveikai (trinčiai; Martynenko et al. 2015; Osipenko, 2008; Osipenko, Lesnikov, 2009). Apdorojant pupas arba kitų pupinių sėklas (sojų pupes, žirnius) HTD technologija, jos pirmiausia išmirkomos (6-12 h šaltame, 2-4 h šaltame vandenyje). Paskui pupos pakraunamos į įrenginio rezervuarą su vandeniu likusiu po mirkymo (jeigu talpa pilnai neužsipildė, papildomai užpilama vandens, kad neliktų oro tarpo), uždaromas dangtis, įjungiamas įrenginys. Cirkuliacijos procese rezervuaro turinys greitai įkaista (temperatūra pakyla iki 105 °C ir daugiau, slėgis – iki 3-3,5 MPa). Kai temperatūra pasiekia 105-110 °C, įrenginys automatiškai išsijungia ir mišinys brandinamas 10-20 minučių. Šio proceso metu įvyksta analogiški biocheminiai procesai, kaip ir apdorojant termiškai: krakmolo dekstrinizacija, suardomas lignino-celiuliozės kompleksas (krakmolai bei kiti sudėtingi polisacharidai suskyla į paprastesnius mono- ir disacharidus), baltymų denatūracija (suardomos vandenilinės ir peptidinės jungtys), inaktyvuojasi antimonybiniai junginiai (tripsino ir chimotripsino inhibitorių sumažėja 10-15 kartų arba 92-98 %), taip pat sunaikinami žalingi mikroorganizmai bei pelėsiniai grybeliai. Taigi, ši technologija nėra nenusileidžia tradiciniams terminio apdorojimo būdams. Paruoštas produktas išleidžiamas. Po iškrovimo įrenginys paruošiamas naujam apdorojimo ciklui. Technologijos ciklo trukmė – 1 valanda (Osipenko, 2008; Osipenko, Lesnikov, 2009; <https://soya.tekmash.ua>).

Apdorojant pupas bei kitų pupinių sėklas HTD technologija gaunamas pastos arba pašteto pavidalo galutinis produktas, kuriame sausųjų medžiagų kiekis gali siekti 15-30 % (priklausomai nuo pupų ir vandens santykio). Jis susideda iš vandens ir smulkių dispersinių pupų sėklų dalelių. Perdirbant pupas, pastos spalva būna šviesiai pilka, perdirbant sojas – nuo gelsvos iki rudos spalvos, o žirnius – priklausomai nuo sėklų geltonos, šviesiai rudos arba žalsvos spalvos. Pastos skonis neutralus, kvapas specifinis. Pastos gamybai panaudojama 18-40 % sausų pupų arba kitų pupinių sėklų (skaičiuojant nuo bendro produkto svorio).

Kad produktas būtų šviežias, rekomenduojama paruošti pastos 2 kartus per dieną. Bendras žaliavinio paruošimo ir apdorojimo laikas, įrangos dezinfekavimas neviršija 3-4 valandų.

Baigus apdorojimą, įranga užpildoma vandeniu, pašildytu iki virimo, bei praplaunama (Osipenko, Lesnikov, 2009; <https://soya.tekmash.ua>).

HTD technologija nereikalauja pupų arba kitų pupinių sėklų nulukštenimo. Smulkinimas, maišymas, terminis apdorojimas, homogenavimas sujungiami viename cikle. Likęs vanduo vėl gali būti naudojamas pašaro paruošimui. Todėl visos maisto ir mineralinės medžiagos bei vitaminai, likę vandenyje, vėl patenka į produktą. Taigi, šis paruošimo būdas leidžia tausoti aplinką. Be to, įranga yra savaime išsivalanti bei gali būti naudojama kitiems tikslams (vandens pašildymui, garo gavybai ir pan.).

HTD pašarų paruošimo technologija įgalina išlaikyti visas būtinas maisto medžiagas, sumažina energijos suvartojimą (2-4 kartus), lyginant su įprastais apdoravimo būdais, nereikia naudoti brangius atliekų apdoravimo būdus. Kadangi nenaudojamas joks tiesioginis šilumos šaltinis (garai, šildymo elementai), ši įrenginį galima vadinti energiją taupančia įranga, o gautas produktas visiškai išlaiko aminorūgščių, vitaminų bei kitų biologiškai aktyvių medžiagų sudėtį. Gamybos metu į ruošiamą produktą galima įterpti priedus (pvz., mineralinius komponentus; Osipenko, Lesnikov, 2009; <https://soya.tekmash.ua>).

Ukrainoje atliktų tyrimų duomenimis, sojų pastos, gautos HTD technologija, panaudojimas galvijų prieauglio racionuose įgalino 15-22 % sumažinti pašarų savikainą, o gauti augimo intensyvumo bei pašarų konversijos rezultatai buvo analogiški, kaip ir šeriant tradiciniais pašarais (<https://soya.tekmash.ua>).

Kadangi Hydro termo dinaminė pašarų apdoravimo technologija yra palyginti neseniai sukurta bei daugiausia taikoma sojų pupelių perdirbimui, nesama pakankamai išsamesnių duomenų apie šiuo būdu apdorotų pašarinių pupų ir kitų pupinių sėklų (žirnių, lubinų) panaudojimo galimybes galvijų ir kitų gyvulių racionuose.

Mūsų darbo tikslas – įvertinti naujos Hydro termo dinaminės (hidrotermodinaminės, HTD) pašarų apdoravimo technologijos panaudojimo galimybes galvijininkystės ūkiuose, apdorojant vietinius baltymingus pašarus, nesumažinant gyvulių produktyvumo ir nedidinant ŠESD kiekio.

TYRIMO METODAI

Pašarų cheminė analizė. Maltų bei hidrotermodinamine technologija (HTD) apdorotų pašarinių pupų ir karvių racionų (drėgnų pašarų mišinių) cheminės sudėties tyrimai atlikti LSMU GI Chemijos laboratorijoje. Darbui taikyti analizės metodai pateikiami 3 lentelėje. Remiantis pašarų cheminės analizės duomenimis ir literatūriniais virškinamumo koeficientais, buvo apskaičiuotas apykaitos energijos kiekis (MJ/kg; Jeroch et al., 1999).

3 lentelė. Tyrimų metodai

Rodiklis	Trumpas tyrimo metodo apibūdinimas
Sausosios medžiagos (SM)	Nustatoma gravimetriniu metodu, džiovinant mėginius 24 val. 60 °C temperatūroje bei vidutiniškai 3 val. (iki pastovaus svorio) 105 °C temperatūroje.
Žali baltymai (ŽB)	Kjeldahl metodu AOAC 984.13., panaudojant Tecator (Foss-Tecator AB, Höganäs, Švedija) įrangą.
Žali riebalai (ŽR)	Mėginius ekstrahuojant petrolio eteriu (40 – 60 °C frakcija) Soxtherm (C. Gerhardt GmbH and Co. KG, Vokietija) įrenginyje. ŽR likutis nustatomas gravimetriškai po džiovavimo.
Žalia ląsteliena (ŽL)	Panaudojant Fiber Cap (Foss-Tecator AB, Höganäs, Švedija) įrangą, apdorojant mėginius 0,255 N sieros rūgšties ir 0,313 N NaOH tirpalais.
Rūgščiame tirpale išplauta ląsteliena (ADF)	Metodas ANKOM A200 Filter Bag Technique (FBT), naudojant 1,00 N sieros rūgšties tirpalą.

Neutraliame tirpale išplauta ląsteliena (NDF)	Metodas ANKOM A200 Filter Bag Technique (FBT), naudojant neutralų tirpalą.
Žali pelenai (ŽP)	Metodas AOAC 942.05. Nustatoma gravimetriniu metodu, mėginius sausai mineralizuojant 400-500 °C temperatūroje.
Kalcis (Ca)	Metodas AOAC 968.08 taikant atominės absorbcijos spektrofotometrinių metodą, panaudojant cezio chloridą (AOAC, 2005).
Fosforas (P)	Metodas AOAC 965.17 taikant fotometrinių metodą, panaudojant „molibdovanadato“ reagentą (AOAC, 2005).
Neazotinės ekstraktinės medžiagos (NEM)	Apskaičiuojama pagal formulę: NEM=SM-ŽB-ŽR-ŽL-ŽP
Aminorūgštys, amoniako azotas	AccQ Tag metodas (Waters corp.) taikant efektyviosios skysčių chromatografijos metodą.
Metano procentinis kiekis pašaro fermentacijos metu susidarančiose dujose	Naudojant dujų chromatografą Shimadzu GC-2010 Plus (Shimadzu Corporation, Kiotas, Japonija) su termokondukciniu detektoriumi (TCD).
pH	Potenciometriniu metodu.
Pašaro maistinių medžiagų virškinamumas <i>in vitro</i>	Panaudojant atrajotojų prieskrandžių imitavimo <i>in vitro</i> sistemą RUSITEC S (Sanshin Industrial Co. Ltd., Japonija)
Biogeniniai aminai	Efektyviosios skysčių chromatografijos metodu atliekant atpažinimo reakciją su dansil chloridu (Ben-Gigirey et al., 1998).
Malondialdehidai (MDA)	Efektyviosios skysčių chromatografijos metodu atliekant atpažinimo reakciją su 2-tiobarbitūro rūgštimi (Mendes et al., 2009).
Riebalų rūgštys	Augaliniai riebalai ir aliejai hidrolizuojami, susidariusios laisvosios riebalų rūgštys metilinamos. Gautas riebalų rūgščių metilo esterių mišinys įleidžiamas į dujinį chromatografą GC-2010 SHIMADZU (Shimadzu corp., Kyoto, Japonija) su vandenilio liepsnos detektoriumi (Folch et al., 1957).

TYRIMŲ REZULTATAI

Pupų cheminė sudėtis ir maistingumas. Apdorojus pupas hidrotermodinamine (HTD) technologija gautas šviesiai pilkos spalvos pastos arba pašeto pavidalo produktas, kuriame nustatyta 16,20 % sausųjų medžiagų (apdoravimo metu 100 kg produkto paruošimui buvo įterpiama 23 kg pupų bei 77 l vandens). Detalesnė maltų ir HTD technologija apdorotų pupų cheminė sudėtis ir maistingumas nurodyti 4 lentelėje. Duomenys pateikiami natūraliame pašare bei sausosiose medžiagose. Tyrimų duomenimis, HTD technologija apdorotų pupų sausosiose medžiagose 1,31 % (P<0,05) buvo mažesnis žalių baltymų kiekis, lyginant su maltomis. Šiuo atveju pupų sausosiose medžiagose ženkliai sumažėjo riebalų – jų nustatyta 0,89 % arba 4,6 karto (P<0,001) mažiau negu maltose. HTD pupų apdoravimo technologija sąlygojo 4,49 % (P<0,01) didesnę rūgštyse tirpios ląstelienos kiekį sausosiose medžiagose, lyginant su maltomis. Taip pat pastebima tendencija, kad šia technologija apdorojus pupas, sausosiose medžiagose atitinkamai 1,59 %, 3,89 % bei 2 % (0,27 MJ/kg) padidėja neazotinių ekstraktinių medžiagų, neutralioje terpėje tirpios ląstelienos ir apykaitos energijos kiekis, nors skirtumai statistiškai nepatikimi. Ląstelienos, NEM, pelenų, kalcio bei fosforo kiekiai maltose bei HTD technologija apdorotose pupose iš esmės nesiskyrė.

4 lentelė. HTD technologija apdorotų pupų cheminė sudėtis ir maistingumas

Rodikliai	Maltos pupos	HTD technologija apdorotos pupos
-----------	--------------	----------------------------------

	Natūraliame pašare	Sausosiose medžiagose	Natūraliame pašare	Sausosiose medžiagose
Sausosios medžiagos %	85,73±0,068	*	16,20±0,268	*
Žali baltymai %	26,50±0,368	30,91±0,410	4,80±0,079	29,60±0,307*
Žali riebalai %	0,97±0,020	1,14±0,025	0,04±0,020	0,25±0,130***
Žalia ląsteliena %	5,63±0,436	6,56±0,513	1,16±0,119	7,13±0,612
Neazotinės ekstraktinės medžiagos (NEM) %	49,80±0,494	58,09±0,559	9,67±0,133	59,68±0,537
Žali pelenai %	2,84±0,116	3,31±0,135	0,54±0,030	3,34±0,200
Kalcis %	0,103±0,0073	0,120±0,0102	0,020±0,0011	0,123±0,0104
Fosforas %	0,361±0,0148	0,421±0,0170	0,069±0,0025	0,429±0,099
Rūgštyse tirpi ląsteliena (ADF) %	8,21±0,716	9,58±0,842	2,29±0,197	14,07±0,989**
Neutralioje terpėje tirpi ląsteliena (NDF) %	13,97±0,411	16,29±0,481	3,28±0,370	20,18±2,076
Apykaitos energija MJ/kg	11,36±0,041	13,25±0,039	2,19±0,029	13,52±0,054
*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001				

Aminorūgščių sudėtis. Išanalizavus 5 lentelėje pateiktus duomenis, galima teigti, kad HTD pupų apdorojimo technologija 0,84 g/kg arba 7,2 % (P<0,005) padidino proliną bei 0,88 g/kg arba 10,3 % (P<0,025) sumažino tirozino kiekį sausosiose medžiagose, lyginant su maltomis. Kitų aminorūgščių kiekis abiem būdais apdorotų pupų sausosiose medžiagose mažai skyrėsi. HTD pupų apdorojimo technologija pakeičiamų ir nepakeičiamų aminorūgščių santykiui esminės įtakos neturėjo.

5 lentelė. Aminorūgščių kiekis HTD technologija apdorotose pupose

Aminorūgštys g/kg	Maltos pupos		HTD technologija apdorotos pupos	
	Natūraliame pašare	Sausosiose medžiagose	Natūraliame pašare	Sausosiose medžiagose
Treoninas	8,30	9,69±0,157	1,58	9,74±0,190
Valinas	12,68	14,79±0,271	2,38	14,68±0,268
Metioninas	2,15	2,51±0,255	0,34	2,07±0,153
Izoleucinas	11,06	12,90±0,282	2,14	13,24±0,513
Leucinas	17,73	20,68±0,517	3,43	21,14±0,701
Fenilalaninas	10,56	12,31±0,378	2,04	12,61±0,490
Lizinas	14,82	17,29±0,543	2,79	17,24±0,712
Histidinas	9,82	11,46±0,130	1,93	11,92±0,215
Argininas	24,18	28,21±0,933	4,32	26,64±1,007
Asparto rūgštis	26,98	31,47±0,661	5,13	31,65±1,015
Serinas	10,41	12,14±0,270	1,97	12,19±0,320
Gliutamo rūgštis	45,70	53,31±1,156	8,70	53,70±1,519
Prolinas	9,94	11,60±0,179	2,02	12,44±0,085**
Glicinas	11,26	13,13±0,135	2,14	13,22±0,289
Alaninas	8,10	9,45±0,742	1,62	9,98±0,483
Tirozinas	7,36	8,58±0,151	1,25	7,70±0,253*
Pakeičiamų ir nepakeičiamų aminorūgščių santykis	0,89±0,009		0,90±0,009	
*P<0,025; **P<0,005				

Hydro termo dinamine (hidrotermodinamine, HTD) technologija apdorotų ir maltų pupų maisto medžiagų virškinamumas atrajotojų didžiajame prieskrandyje *in vitro*. Atliktų tyrimų duomenimis, apdorojus pupas hidrotermodinamine (HTD) technologija, pagerėjo ląstelienos ir NEM

virškinamumas didžiajame prieskrandyje *in vitro* (6 lentelė). Minėta pupų apdorojimo technologija ląstelienos virškinamumą *in vitro* padidino 3,83 % ($P < 0,025$), NEM – 10,52 % ($P < 0,025$), lyginant su maltomis. Taip pat šiuo atveju išryškėjo ir sausųjų medžiagų virškinamumo *in vitro* pagerėjimo (3,7 %; $0,1 > P > 0,05$) tendencija. Pupų apdorojimas HTD technologija 10,78 % arba 1,4 karto ($P < 0,05$) sumažino žalių baltymų virškinamumą *in vitro* didžiajame prieskrandyje, lyginant su maltomis. Tai sąlygojo geresnį jų panaudojimą organizmo reikmėms bei produkcijai gauti, kadangi baltymų virškinimas ir įsisavinimas galvijų organizme paprastai turi vykti šliuže bei plonosiose žarnose. HTD technologija apdorotų pupų pelenų virškinamumas didžiajame prieskrandyje *in vitro* buvo 17,87 % arba 1,6 karto ($P < 0,005$) mažesnis negu maltų. Pupų apdirbimas HTD technologija neturėjo esminės įtakos metano emisijai.

6 lentelė. HTD technologija apdorotų ir maltų pupų maisto medžiagų virškinamumas atrajotojų didžiajame prieskrandyje *in vitro* ir metano emisija

Rodikliai	Maltos pupos	HTD technologija apdorotos pupos
Sausosios medžiagos %	40,40±0,89	44,10±3,15
Žali baltymai %	35,91±1,28	25,13±8,44*
Žalia ląsteliena %	16,91±2,13	20,24±7,76**
NEM %	47,01±2,24	57,53±6,30**
Žali pelenai %	47,65±3,14	29,78±7,08***
Metano emisija g/1000 g SM/para	10,20±0,08	10,76±1,13
* $P < 0,05$; ** $P < 0,025$; *** $P < 0,005$		

Raciono maisto medžiagų virškinamumas didžiajame prieskrandyje *in vitro*. Karvių racione vietoj maltų pupų panaudojus hidrotermodinamine (HTD) technologija apdorotas pupas, išryškėjo tendencija, kad sausųjų medžiagų virškinamumas *in vitro* didžiajame prieskrandyje pagerėja 3,37 %, ląstelienos – 2,43 %, o baltymų virškinamumas sumažėja 3,89 %, nors skirtumai statistiškai nepatikimi (7 lentelė). Tik šiuo atveju NEM ir pelenų virškinamumas *in vitro* didžiajame prieskrandyje iš esmės nesiskyrė. Esant racione HTD technologija apdorotų pupų, metano emisija sumažėjo 21,1 % ($P < 0,05$), lyginant su maltomis.

7 lentelė. Racionų maisto medžiagų virškinamumas didžiajame prieskrandyje *in vitro* ir metano emisija

Rodikliai	Maltos pupos	HTD technologija apdorotos pupos
Sausosios medžiagos %	45,89±6,74	49,26±3,33
Žali baltymai %	46,77±1,34	42,88±1,84
Žalia ląsteliena %	35,01±2,28	37,44±2,65
NEM %	54,43±0,78	55,29±4,35
Žali pelenai %	33,26±3,35	33,65±1,33
Metano emisija g/1000 g SM/para	7,91±0,26	6,24±0,37*
* $P < 0,05$		

Karvių racionų įvertinimas. Bandymo metu visų karvių racionus sudarė drėgnų pašarų mišinys bei kombinuotasis pašaras (8 lentelė). Racione, kuriame maltos pupos buvo pakeistos HTD technologija apdorotomis pupomis, buvo 3,37 MJ arba 2,7 % mažiau *netto* energijos laktacijai (NEL), 100,8 g arba 3,4 % mažiau žalių baltymų bei 520 g arba 4 % mažiau NEM. Sausųjų medžiagų, ląstelienos bei riebalų kiekis visų karvių racionuose mažai skyrėsi.

8 lentelė. Vidutinis karvių racionas

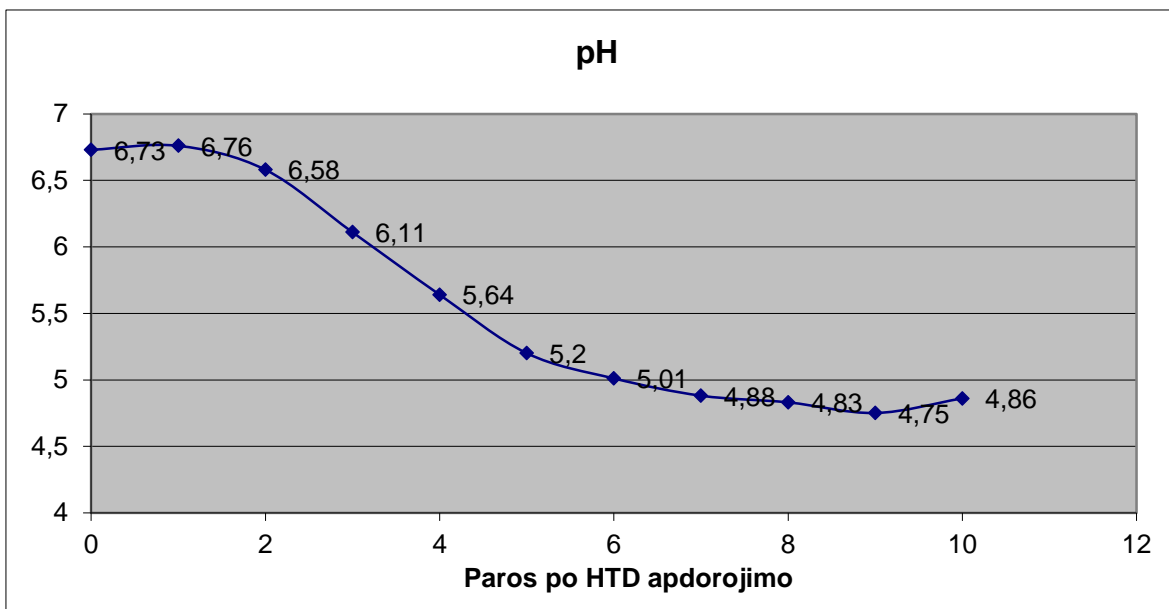
Rodikliai	Maltos pupos	HTD technologija apdorotos pupos
Drėgnas pašarų mišinys kg	60,0	60,0
Kombinuotas pašaras kg	2,0	1,0
Viso	61,0	61,0
Sausosios medžiagos kg	21,90	21,35
NEL MJ	125,98	122,61
Žali baltymai g	2955,6	2854,8
Žalia ląsteliena g	4297,8	4257,1
Žali riebalai g	476,2	451,9
NEM kg	12,95	12,43

Karvių produktyvumas. Atliktų tyrimų duomenimis, racione vietoj maltų pupų panaudojus hidrotermodinamine (HTD) technologija apdorotas pupas, pagerėjo karvių produktyvumas (9 lentelė). Šiuo atveju natūralaus riebumo pieno iš karvės vidutiniškai per parą buvo primelžta 1,18 kg arba 5,2 % ($P < 0,05$), o 4 % riebumo pieno – 1,93 kg arba 8,2 % ($P < 0,05$) daugiau, lyginant su karvėmis, gavusiomis maltas pupas. Šeriant karves racionais, turinčiais HTD technologija apdorotų pupų, pastebima tendencija, kad 0,2 % padidėja pieno riebumas ir 0,13 % sumažėja jo baltymingumas, nors skirtumai statistiškai nepatikimi.

9 lentelė. Vidutinis karvių produktyvumas

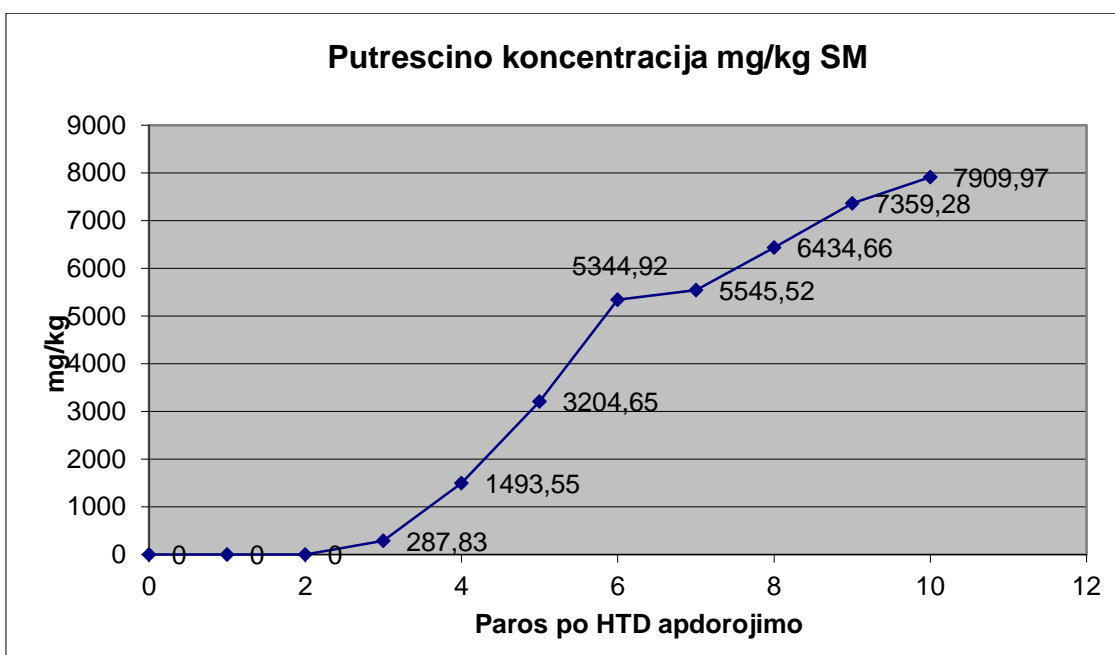
Rodikliai	Maltos pupos	HTD technologija apdorotos pupos	Skirtumas ±
Natūralaus riebumo pienas kg	22,74±0,68	23,92±0,75*	+1,18
Pieno riebalai %	4,24±0,14	4,44±0,09	+0,20
Pieno baltymai %	3,40±0,08	3,27±0,12	-0,13
4 % riebumo pieno kiekis kg	23,57±0,78	25,50±0,78*	+1,93
* $P < 0,05$			

Saugaus HTD apdorotų pupų suvartojimo terminas. Atlikti HTD apdorotų pupų pH, žalių baltymų mikrobiologinio skaidymo (amoniako azoto, biogeninių aminių susidarymo) bei žalių riebalų oksidacijos (malondialdehido susidarymo) tyrimų rezultatai parodė, kad pagamintas produktas yra tinkamas saugiai naudoti 2 paras. Minėtų tyrimų rezultatai pateikti 1 – 5 paveiksluose.

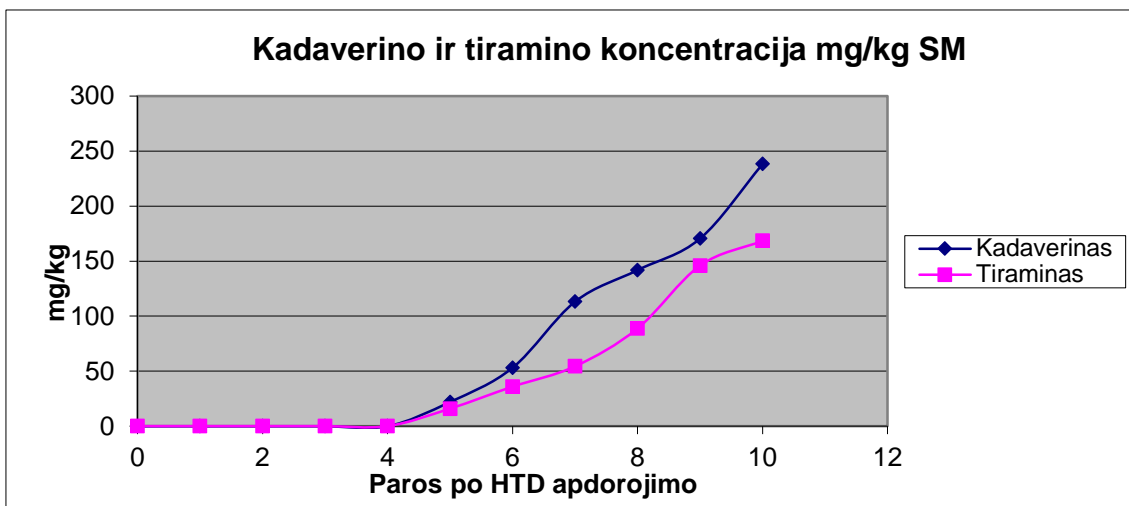


1 pav. HTD apdorotų pupų pH pokytis

Šviežiai pagaminto HTD produkto pH buvo 6,73 – 6,76. Po dviejų parų pastebimi nežymūs produkto rūgimo požymiai: stebimas nedidelis pH vertės kritimas iki 6,58. Vėlesnėmis tyrimo dienomis produkto pH vertė palaipsniui žemėjo ir 10 parą po pagaminimo tesiekė – 4,86. Toks pH vertės pokytis rodo akivaizdų tiriamo produkto rūgimo procesą.

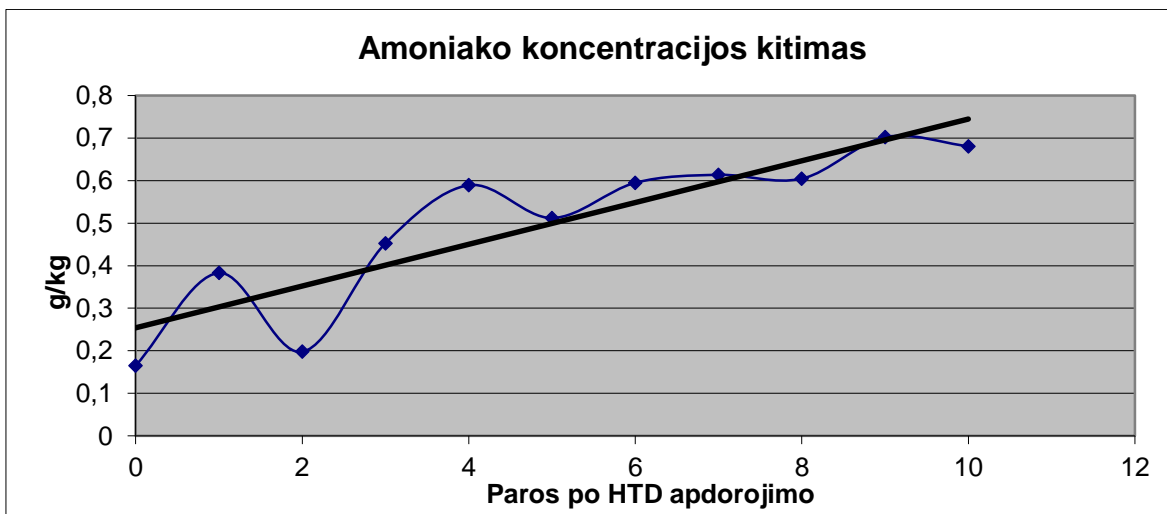


2 pav. Putrescino kiekio kitimas HTD apdorotose pupose.



3 pav. Kadaverino ir tiramino kiekio kitimas HTD apdorotose pupose

Šviežiai pagamintame produkte biogeninių aminų nenustatyta. Trečią dieną fiksuojamas nedidelis (287,8 mg/kg SM) putrescino kiekis, kuris bėgant laikui pastebimai didėja. Penktą parą HTD produkte užfiksuojami kadaverinas ir tiraminas (atitinkamai 22,1 mg/kg SM ir 15,9 mg/kg SM). Šių biogeninių aminų koncentracijos bėgant laikui taip pat didėja. Šių cheminių junginių susidarymas rodo akivaizdų HTD produkte vykstantį amino rūgščių dekarboksilinimo procesą, kurį sukelia pienarūgščių bakterijų, klostridijų, enterobakterijų ir kitų bakterijų genčių veikla. Minėtų biogeninių aminų atsiradimas ir jų koncentracijos HTD produkte spartus didėjimas parodo prasidėjusį šio produkto puvimą.

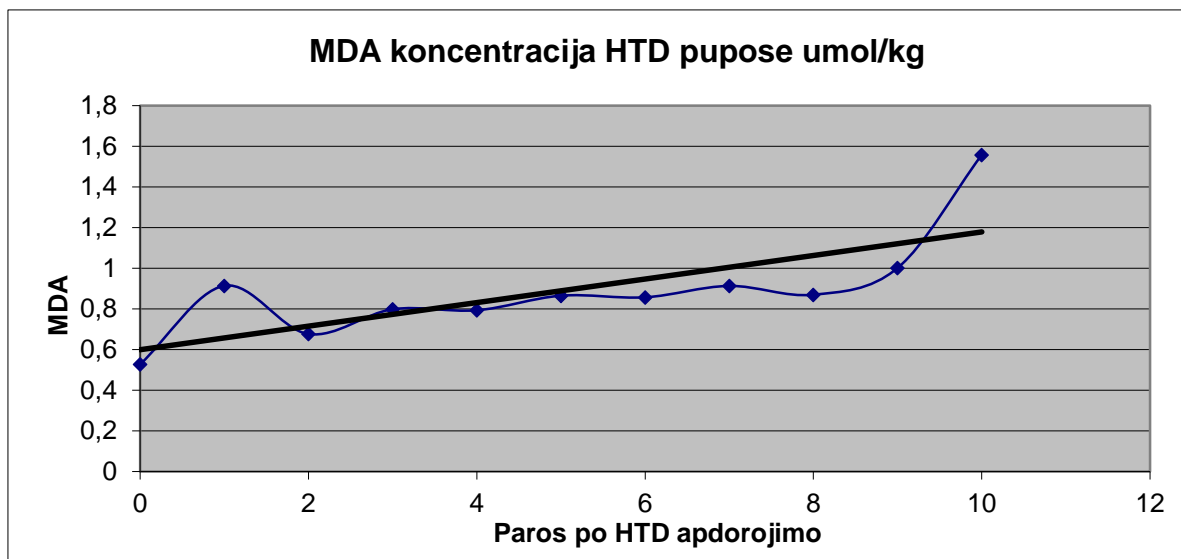


4 pav. Amoniako koncentracijos kitimas HTD apdorotose pupose

Kitas svarbus pokytis parodantis produkto senėjimą ar net gedimą – amoniako koncentracijos didėjimas jame. Didėjantis amoniako kiekis HTD produkte taip pat parodo suintensyvėjusį proteolizės procesą: šviežiam produkte buvęs kiekis (0,17 g/kg NM) palaipsniui didėjo ir dešimtą dieną pakilo iki 0,68 g/kg.

Mažiau aktualūs pokyčiai nustatyti vertinant HTD produkto riebalų oksidaciją. Siekdami įvertinti šio proceso galimybę ir eigą atlikome malondialdehido (MDA) kiekio matavimus (5 pav.). Tyrimo rezultatai rodo, kad šviežiam HTD produkte nustatytas 0,527 $\mu\text{mol/kg}$ MDA kiekis per 10 dienų patrigubėjo ir dešimtą dieną siekė 1,557 $\mu\text{mol/kg}$. Tokie MDA kiekio tyrimų rezultatai rodo, kad HTD produkte esančių riebalų oksidacija vyko pakankamai sparčiai. Tačiau dėl nedidelio riebalų kiekio HTD apdorotose pupose negalėjo labiau įtakoti minėto produkto kokybės pokyčių. Kur kas

didesnį poveikį šio produkto saugai turi baltymuose vykstantys mikrobiologiniai procesai bei to pačioje susidarantys gyvulių sveikatai kenksmingi cheminiai junginiai.



5 pav. MDA koncentracijos kitimas HTD apdorotose pupose

Riebalų rūgščių analizė parodė, kad HTD produkto laikymo metu didėja sočių riebalų rūgščių procentinė dalis (palmitino r. (C16:0) nuo 12,77 proc. šviežiam produkte iki 14,93 proc. X laikymo dieną, stearino (C18:0) nuo 2,21 iki 2,32 proc), tuo pat metu mažėjant nesočių riebalų rūgščių (oleino r. (C18:1n9) nuo 26,66 proc. šviežiam pagamintame produkte iki 25,69 proc. X dieną, linolo r. (C18:2n6) atitinkamai nuo 52,70 proc. iki 50,43 proc., linoleno (C18:3n3) nuo 3,18 proc. iki 3,09 proc.) procentinei daliai.

Ekonominis efektyvumas. Per projekto vykdymo laikotarpį ūkininkų-partnerių ūkiuose buvo laikoma 199 melžiamos karvės. Naudojant maltas pupas, iš karvės vidutiniškai buvo primelžta 23,57 kg 4 % riebumo pieno, panaudojus hidrotermodinaminę (HTD) technologiją apdorotas pupas – 25,50 kg per parą arba 1,93 kg (8,2 proc.) daugiau 4 % riebumo pieno. Iš visų karvių, gavusių racione HTD technologija apdorotas pupas, per projekto vykdymo laikotarpį pieno buvo primelžta 34566,3 kg daugiau.

IŠVADOS

1. Pašarinių pupų apdorojimas hidrotermodinamine (HTD) technologija atitinkamai 1,31 % ($P < 0,05$) ir 0,89 % arba 4,6 karto ($P < 0,001$) sumažino žalių baltymų bei riebalų kiekį bei 4,49 % ($P < 0,01$) padidino rūgštyse tirpios ląstelienos kiekį sausosiose medžiagose.
2. HTD apdorotų pupų sausosiose medžiagose nustatyta pakeičiamų amino rūgščių 0,84 g/kg arba 7,2 % ($P < 0,005$) daugiau prolino ir 0,88 g/kg arba 10,3 % ($P < 0,025$) mažiau tirozino.
3. Pupų apdorojimas HTD technologija atitinkamai 3,7 % ($0,1 > P > 0,05$), 3,83 % ($P < 0,025$) bei 10,52 % ($P < 0,025$) pagerino sausųjų medžiagų, ląstelienos ir NEM virškinamumą ir 10,78 % arba 1,4 karto ($P < 0,05$) sumažino baltymų virškinamumą *in vitro* didžiajame prieskrandyje.
4. Į racioną įterpus HTD technologija apdorotas pupas, nustatyta sausųjų medžiagų 3,37 %, ląstelienos 2,43 % virškinamumo gerėjimo *in vitro* didžiajame prieskrandyje bei baltymų virškinamumo 3,89 % sumažėjimo tendencija. Minėta technologija apdorotų pupų panaudojimas racione 21,1 % ($P < 0,05$) sumažino metano emisiją.
5. HTD technologija apdorotų pupų įterpimas į racioną atitinkamai 3,37 MJ (2,7 %), 100,8 g (3,4 %) bei 520 g (4 %) sumažino *netto* energijos laktacijai (NEL), žalių baltymų ir NEM kiekį.
6. Panaudojus karvių racionuose HTD technologija apdorotas pupas, vidutiniškai per parą iš karvės buvo primelžta natūralaus riebumo pieno 1,18 kg arba 5,2 % ($P < 0,05$), 4 % riebumo pieno – 1,93 kg arba 8,2 % ($P < 0,05$) daugiau.

7. Iš pašarinių pupų pagamintas HTD produktas yra tinkamas gyvulių šėrimui pirmąsias dvi paras. Trečiąją parą po pagaminimo išryškėja produkto gedimo (rūgimo) požymiai: krinta produkto pH vertė, atsiranda ir palaipsniui didėja biogeninių aminių (putrescino, kadaverino, tiramino), amoniako koncentracija.

8. Iš visų karvių, šertų racionais su HTD technologija apdorotomis pupomis, per projekto tiriamąjį laikotarpį buvo primelžta 34566,3 kg 4 % riebumo pieno daugiau.

Literatūros sąrašas

Akande K. E., Fabiyi E. F. Effect of Processing Methods on Some Antinutritional Factors in Legume Seeds for Poultry Feeding. *International Journal of Poultry Science*. 2010. Vol. 9. N. 10. P. 996-1001.

Alonso R., Aguirre A., Marzo F. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry*. 2000. Vol. 68. P. 159-165.

Alert H. J., Uhlig R., Fröhlich B., Krieg D., Schrönherr, Wink M. Fütterungskonzept zur Schweinemast mit einheimischen pflanzlichen Eiweißfuttermitteln. *Berichte aus der Tierfütterung. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft*. 2004. Heft 3-9. S.34-65.

AOAC. *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, International. 2005.

Banaszkiewicz T. Nutritional Value of Soybean Meal. *Soybean and Nutrition*. El-Shemy H. (Ed.). <http://www.intechopen.com/books/soybean-and-nutrition/nutritional-value-of-soybean-meal>

Ben-Gigirey, B., Vieites Baptista de Sousa, J. M., Villa, T. G., & Barros-Velazquez, J. (1998). Changes in biogenic amines and microbiological analysis in albacore (Thunnus alalunga) muscle during frozen storage. *Journal of Food Protection*, 61(5), 608–615.

Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem* 1957 -05;226(1):497-509.

Frejnagel S., Zduńczyk Z., Krefft B. The chemical composition and nutritive value of low-and high-tannin faba bean varieties. *Journal of Animal and feed Sciences*. 1997. Vol.6. P. 401-412.

Gyvulininkystės žinynas. LVA Gyvulininkystės institutas, 2007. 616 p.

Hejdysz M., Kaczmarek S. A., Bedford M. R. The effect of different temperatures applied during extrusion on the nutritional value of faba bean and degradation of phytic P izomers. *Animal Feed Science and Technology*. 2022. Vol. 285. <http://www.elsevier.com/locate/anifeedsci>

Hugman J., Wang L. F., Beltranena E., Htoo J. K., Zijlstra R. T. Nutrient digestibility of heat-processed field pea in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 2021. Vol. 274. <http://www.elsevier.com/locate/anifeedsci>

Jeroch H., Drochner W., Simon O. *Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere*. Stuttgart. Verlag Eugen Ulmer, 1999. 544 S.

Kim J. C., Pluske J. R., Mullan B. P. Lupins as a protein source in pig diets. Review. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. 2007. Vol. 2. N. 003. <http://www.cababstractsplus.org/cabreviews>

Martynenko A., Astatkie T., Satanina V. Novel hydrothermodynamic food processing technology. *Journal of Food Engineering*. 2015. Vol. 152. N. 1. P. 8-16.

Mendes R., Caroso C., Pestana C. Measurement of malondialdehyde in fish: A comparison study between HPLC methods and the traditional spectrophotometric test. *Food chemistry*, 122 (2009), 1038 – 1045.

Osipenko S.B. Hydrodynamic heater of fluids. International patent application PCT/UA 2008/000002 from 28.01.2008. Priority from 31.01.2007.

Osipenko S. B. Method for dispergating plantseeds and device for carrying out said method U. S. Patent N. 7428797 B2 from 30. 09. 2008. Priority from 23. 12. 2002.

Osipenko S. B., Lesnikov S. E. Soybean paste 2C and method for preparing there of Patent Application US20090181151-A1. Priority from 16. 07. 2009.

Rekomendacijos gyvulininkystei ir paukštininkystei. Baisogala, 2004. P. 44-47.

Samtiya M., Aluko R. E., Dhewa T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2020. Vol. 2. N. 6. <https://doi.org/10.1186/s43014-020-0020-5>

Технология и оборудование для производства соевых продуктов. <https://soya.tekmash.ua>

Трунова Л. А. Разработка технологии, обеспечивающей повышение кормовой ценности зерна бобовых культур для производства комбикормов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2005. <https://tekhnosfera.com/razrabotka-tehnologii-obespechivayuschey-povyshenie-kormovoy-tsennosti-zerna-bobovyh-kultur-dlya-proizvodstva-kombikormov>

Шаршунов В. А., Червяков А. В., Козлов С. И., Курзенков С. В., Талалуев А. В., Радченко А. А. Обоснование направления совершенствования технологии обработки зерна на основе экструзии-экспандирования. *Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь*. 2000. №. 3. С. 93-9.