

In-vivo-Verdaulichkeit der Blauen Lupine (*L. angustifolius*) als alternative Proteinquelle zu Soja

Myriam Rothacher und Yves Arrigo

Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

Auskünfte: Myriam Rothacher, E-Mail: myriam.rothacher@agroscope.admin.ch



Zerquetschte Lupinensamen könnten als Proteinquelle eine Alternative zu Sojaextraktionsschrot sein. (Foto: Myriam Rothacher, Agroscope)

Einleitung

Rund 80 % der weltweiten Sojaproduktion stammen aus transgenem Soja-Saatgut (LID 2018). In der Schweiz ist jedoch bis 2021 ein Moratorium für den Anbau von GVO (gentechnisch veränderten Organismen) in Kraft. Ausserdem wird Soja oft über grosse Distanzen transportiert, bis es in der Futterkrippe der Nutztiere angelangt. Zudem wird der Sojaanbau in der Schweiz unter anderem durch den hohen Wasserbedarf während der Blüte im Juli erschwert. Aus diesen Gründen wird nach Alternativen gesucht, um den Proteinbedarf von Wiederkäuern zu decken.

Eine interessante Alternative zu Soja könnten die sogenannten «Süsslupinen» (Zuchtformen mit geringem Gehalt an Alkaloiden) sein. Sie sind eiweissreich und für den Anbau in der Schweiz geeignet (in für Maiskulturen geeigneten Gebieten). Die landwirtschaftliche Beratungszentrale AGRIDEA hat bereits 2008, und 2019 ein aktualisiertes, detailliertes Merkblatt zum Anbau dieser Eiweisspflanze herausgegeben. Peguiron (2015) berichtete über vielversprechende Ergebnisse zur Fütterung

von Milchkühen mit einem Proteinkonzentrat mit 40 % Lupine. Allerdings räumt der Autor ein, dass ein vollständiger Ersatz des aktuell importierten Sojas durch die einheimische Lupine nicht realistisch wäre. Bereits in den 1980er-Jahren wurde die Lupine in mehreren Versuchen in Frankreich zur Fütterung von Milchkühen getestet (Broqua 2002) und die Ergebnisse zeigten, dass ein Ersatz grundsätzlich möglich ist. Bisher fehlen jedoch detaillierte Versuche zum Einsatz der Lupine in der Rindermast. Einzig ein 1989 durchgeführter Versuch (Schwarz und Kirchgessner 1989) zum Ersatz von Soja durch verschiedene Leguminosen (Ackerbohne, Erbse und Lupine) zeigte ähnliche Ergebnisse der verschiedenen Rationen. Um diese Wissenslücke zu schliessen, führt Agroscope Posieux zurzeit ein Projekt durch, bei dem alternative Proteinquellen zu Soja bei der Fütterung von MastbulLEN untersucht werden, wobei die Rationen von zwei Mast-Gruppen Blaue Lupine enthalten (beigemischter Anteil 28 % bzw. 20 %). Dafür war es nötig die Nährwerte der Lupine in den Rationen der MastbulLEN genauer festzustellen. In dieses Forschungsprojekt war also auch der hier beschriebene Versuch mit Schafen eingebunden. Ziel dieses Versuchs war es, die *In-vivo*-Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS), des Rohproteins (vRP) und der Rohfaser (vRF) von Lupinensamen zu bestimmen.

Material und Methode

Tiere

Die Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit erfolgte pro Behandlung mit je vier kastrierten Schafen der Rasse Braunköpfiges Fleischschaf (Typ Oxford). Die Tiere wurden nach Alter ($3,8 \pm 2,0$ Jahre) und Gewicht ($80,4 \pm 10,2$ kg) (Durchschnitt \pm Standardabweichung) in möglichst homogene Gruppen auf die verschiedenen Behandlungen aufgeteilt, um Verzerrungen zu vermeiden. Sie wurden in der ersten Woche der dreiwöchigen Anpassungsphase in Gruppenhaltung schrittweise an die Lupinensamen gewöhnt. Während des Verdauungs-

versuches trugen die Tiere ein Geschirr, um den Kot zu sammeln, und sie waren in aneinandergrenzenden Einzelboxen angebunden. Ausgewertet wurden während zwei aufeinanderfolgenden Wochen je vier Tage. Die Rationen wurden aufgrund des Lebendgewichts (LG) der Tiere mit einer Zugabe von 10 % berechnet ($0,38 \text{ MJ}$ umsetzbare Energie/kg $\text{LG}^{0,75} \times 1,1$).

Zusammensetzung der Rationen

Gemäss Futtermittelkatalog (Agroscope und HAFL 2016) können Lupinensamen bei der Mast von Wiederkäuern und bei Milchvieh bis zu einem Höchstanteil an der Ration von 20 % gefüttert werden. Um mit einem Extremwert vergleichen zu können, wurde eine Fütterung mit 30 % Lupinensamenanteil aufgenommen. Zur Bestimmung der Verdaulichkeit über die Differenz (Ryder 2000) wurden Rationen mit einem Anteil von 0, 10, 20 beziehungsweise 30 % Samen der Blauen Lupine (bezogen auf die Trockensubstanz, TS) eingesetzt. Die Basis für die Rationen war Heu (Typ ausgewogen). Die Behandlung mit 0 % Lupinensamen diente der Bestimmung der Verdaulichkeit von Heu, die anschliessend von den gemessenen Werten für die Verdaulichkeit der gemischten Rationen abgezogen wurde (für die Berechnung siehe Kasten). Zusätzlich erhielten die Tiere Salz (NaCl) und Mineralstoffe, um den Erhaltungsbedarf sicherzustellen. Die Lupinensamen wurden mit einem Anteil von $95,8 \pm 0,9 \%$ (Mittelwert \pm Standardabweichung, $n=5$) zerquetscht, um die Nährstoffe besser verfügbar zu machen.

Gleichungen für die Schätzung

Die Verdaulichkeiten wurden mit der Differenzmethode berechnet, d.h. indem die Verdaulichkeit von Heu von der Verdaulichkeit der Rationen gemäss folgender Gleichung subtrahiert wurde (Beispiel für vOS):

$$\text{vOS}_{\text{Lupinensamen zu } x\%} = \frac{(\text{OS}_{\text{metabolisierbar bei } x\%} - \text{vOS}_{\text{Heu}})}{(\text{OS}_{\text{aufgenommen bei } x\%} - \text{OS}_{\text{Heu}})}$$

$$\text{OS}_{\text{metabolisierbar}} = \text{OS}_{\text{aufgenommen}} - \text{OS}_{\text{Kot}}; \text{OS}_{\text{aufgenommen}} = \text{OS}_{\text{gegeben}} - \text{OS}_{\text{Rest}}$$

OS: organische Substanz, vOS: Verdaulichkeit der OS, VOS: verdauliche OS.

Die Behandlung mit 10 % Lupinensamen konnte nicht berücksichtigt werden, da die Daten teilweise nicht auswertbar waren (individuelle Verdaulichkeit zum Teil höher als 100 %). Dieser Fall tritt bei der Verwendung der Differenzmethode manchmal ein, ohne dass sich eine konkrete Erklärung dafür anbietet. Die scheinbare Verdaulichkeit der Lupinensamen alleine wurde also aus dem Durchschnitt der Werte für die Anteile von 20 und 30 % errechnet.

Zusammenfassung

Die Blaue Lupine lässt sich unter den in der Schweiz herrschenden Bedingungen anbauen und ihre Samen sind eiweissreich. Sie könnte deshalb als Alternative zu Soja eingesetzt werden, um den Proteinbedarf von Wiederkäuern zu decken. Das Ziel dieses Versuchs war es, die *In-vivo*-Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS), des Rohproteins (vRP) und der Rohfaser (vRF) von Lupinensamen zu bestimmen, um den Nährwert genauer festzustellen. Dazu wurden sechzehn Schafe eingesetzt. Sie wurden auf vier verschiedene Fütterungsgruppen mit einer Heuration und einem Anteil zerquetschter Lupinensamen von 0, 10, 20 beziehungsweise 30 % verteilt. Die vOS der Lupine betrug 90,8 %, die vRP 89,5 % und die vRF 87,7 %. Während die vOS und die vRF ähnlich zu dem aktuellen Werten aus dem Feedbase waren, war die Abweichung der vRP 4,5 Prozentpunkte höher. Dadurch erhöhte sich die Schätzung den Nettoenergien für die Produktion um 0,2 MJ pro kg Trockensubstanz.

Resultate und Diskussion

Tiere

Alle Tiere verzehrten ihre gesamte Tagesration, ausser einem Tier der Gruppe, die 30 % Lupinensamen erhielt. Das Tier musste wegen Koliken vom Versuch ausgeschlossen werden. Die Fütterung mit maximal 30 % Lupinensamen über den Zeitraum von fünf Wochen verlief mehrheitlich ohne Probleme. Der Versuch liefert allerdings keine Informationen über eine langfristige Verwendung von Lupinensamen.

Die Abweichungen des Durchschnittsgewichts in demselben Verfahren vom Anfang des ersten Messzeitraums bis zum Ende des Versuchs lagen zwischen +0,65 und +1,83 kg. Die Tiere, die Lupinensamen erhielten, legten mehr Gewicht zu als die Tiere, die nur mit Heu gefüttert wurden. Die Rationen mit Lupinensamen enthielten auch mehr Rohprotein (RP) (Tab. 2).

Chemische Zusammensetzung zerquetschter Samen

In Tabelle 1 sind die Gehalte der Samen der Blauen Lupine an verschiedenen Nährstoffen, Mineralstoffen und Aminosäuren aufgeführt. Die Gehalte waren vergleichbar mit den Werten aus der Feedbase (Agroscope

Tab. 1. | Chemische Zusammensetzung von Lupinensamen im Versuch im Vergleich mit anderen Proben und mit Soja (g/kg TS oder wie angegeben).

Rohstoff Form Quelle	Lupine (n=2) zerquetscht <i>in vivo</i> -Versuch	Lupine NA Feedbase	Lupine (n=6)* zerquetscht Mastversuch	Sojaschrot Extraktion Feedbase
Trockensubstanz (%)	87,7	87,0	91,0	88,0
Rohprotein	304 Sx 3,57	349	336 Sx 10,9	515
Rohfasern	197 Sx 3,70	172	157 Sx 11,2	66,2
Asche	29,4 Sx 0,37	42,0	30,5 Sx 0,50	71,8
Lignocellulose, ADF	247 Sx 7,79	202	202 Sx 19,0	109
Zellwände, NDF	333 Sx 17,7	278	296 Sx 25,0	136
Fett	63,0	59,3	69,4	29,3
Calcium	2,84	2,40	2,46	3,05
Phosphor	2,87	5,37	3,28	7,52
Magnesium	1,81	2,09	2,19	3,67
Kalium	7,47	11,1	8,75	23,9
Bruttoenergie (MJ)	19,9	20,6	19,7	20,1
Alanin	10,2	11,6	11,2	22,0
Arginin	31,0	36,6	35,3	39,3
Asparagin	29,6	33,3	33,1	60,3
Cystin	4,53	4,62	4,50	7,86
Glutaminsäure	59,4	70,0	67,5	91,8
Glycin	13,1	14,3	14,5	21,7
Histidin	9,04	9,02	9,80	13,5
Isoleucin	12,4	14,1	13,9	22,7
Leucin	20,6	23,4	23,2	39,8
Lysin	14,5	16,1	16,4	32,3
Methionin	2,13	2,22	2,20	6,70
Phenylalanin	12,0	13,3	13,1	26,3
Prolin	12,1	13,9	13,7	25,8
Serin	13,7	15,7	15,6	25,2
Threonin	10,7	11,3	12,0	20,2
Tryptophan	2,73	2,98	NA	6,99
Tyrosin	11,0	13,0	12,9	18,7
Valin	13,1	13,5	14,2	23,9
Gesättigte Fettsäuren	11,83	13,2	NA	5,13
Einfach ungesättigte Fettsäuren	22,3	18,3	NA	5,20
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren	30,1	27,0	NA	17,7

Feedbase: Schweizerische Futtermitteldatenbank: www.feedbase.ch, *Aminosäuren: n=2, TS Trockensubstanz, NA nicht verfügbar, Sx Standardabweichung.

2019), ausser für RP und für die Zellwandbestandteile mit einer Abweichung von -12,9 % für RP beziehungsweise +14,5 % für Rohfaser (RF), +22,3 % für Lignocellulose (ADF) und +19,8 % für die Zellwände (NDF). Die Analysen bei derselben Lupine, aber mit einer konsequenteren Stichprobenentnahme (n=6) über einen längeren Zeitraum (im Rahmen des Mastversuchs, Tab. 1), zeigten denselben Trend wie die Feedbase (Agroscope 2019) mit Abweichungen in der Grössenordnung von unter 10 %. Die Stichproben des Versuchs zur Verdaulichkeit (n=2) ergaben für RP einen unterdurchschnitt-

lichen beziehungsweise für die Zellwandbestandteile einen überdurchschnittlichen Wert.

Da Lupine als Ersatz für Soja vorgesehen sind, werden zum Vergleich auch die Gehalte für Sojaextraktionschrot aufgeführt.

Gehalte der Rationen

Alle Versuchsrationen mit Lupine waren, wie in Tabelle 2 ersichtlich, bezüglich Bruttoenergie (BE) und Zellwandbestandteilen (RF, ADF und NDF) ausgeglichen. Ein zwischen den Behandlungen ausgeglichener RP-Gehalt

Tab. 2 | Gehalte der Rationen.

	100 % Heu	90 % Heu, 10 % Lupine	80 % Heu, 20 % Lupine	70 % Heu, 30 % Lupine
OS (g/kg TS)	897	904	912	919
RP (g/kg TS)	157	172	187	202
RF (g/kg TS)	225	222	219	217
ADF (g/kg TS)	266	264	262	261
NDF (g/kg TS)	458	446	433	420
BE (MJ/kg TS)	18,8	18,9	19,0	19,1

OS: organische Substanz, RP: Rohprotein, RF: Rohfaser, ADF: Lignocellulose, NDF: Zellwände, BE: Bruttoenergie, TS: Trockensubstanz.

Tab. 3 | Verdaulichkeitskoeffizienten von Heu (Basis der Rationen), der Rationen und der Lupine (getestetes Futtermittel).

	100 % Heu	90 % Heu 10 % Lupine	80 % Heu 20 % Lupine	70 % Heu 30 % Lupine	Lupine alleine
vOS (%)	81,1	81,8	83,2	84,3	90,8
vRP (%)	70,8	72,8	76,7	79,8	89,5
vRF (%)	88,3	87,3	88,1	88,3	87,7
vADF (%)	85,1	85,7	85,7	86,7	89,3
vNDF (%)	84,6	84,7	85,5	86,3	90,7
vBE (%)	77,5	78,5	79,6	81,4	88,7

vOS: Verdaulichkeit organische Substanz, vRP: Verdaulichkeit Rohprotein, vRF: Verdaulichkeit Rohfaser, vADF: Verdaulichkeit Lignocellulose, vNDF: Verdaulichkeit Zellwände, vBE: Verdaulichkeit Bruttoenergie.

konnte nicht erreicht werden, da Heu davon bereits mehr als erforderlich enthält bezüglich dem Proteinbedarf der Tiere. Deshalb hatte ein um 10 % höherer Anteil von Lupine einen rund 10 % höheren RP-Gehalt der Ration zur Folge.

Verdaulichkeitskoeffizienten

In Tabelle 3 sind die Verdaulichkeitskoeffizienten von Lupinensamen allein angegeben, die von den *in vivo* gemessenen Verdaulichkeiten bei 20 % und 30 % Lupinenanteil extrapoliert wurden. Ausserdem sind die Verdaulichkeiten von Heu, die von den Werten für die Rationen abgezogen wurden, sowie die Verdaulichkeiten der Rationen aufgeführt. Die Vergleichswerte aus der Feedbase (Agroscope 2019) liegen bei 89 % für vOS, 85 % für vRP und 88 % für vRF.

In einem Versuch zur Verdaulichkeit von zwei Futtermitteln in gemischten Rationen zeigte Arrigo (2018), dass die vOS durch die Addition der *in vivo* festgestellten vOS im Allgemeinen um rund 1,1 Prozentpunkte unterschätzt werden und dass die vOS bei einem Anteil von 80 % besser sind als bei einer reinen Ration (100 %). Im hier beschriebenen Versuch ist es aufgrund der beschränkten Daten nicht möglich, die Heu-Lupinen-Interaktionen zu bestimmen. Auf diesen Aspekt wird deshalb nicht eingegangen.

Nährwerte

In Tabelle 4 sind die Nährwerte von Lupinensamen aufgeführt. Die Berechnungen basieren auf Regressionen gemäss dem Programm zur Berechnung der Nährwerte von Einzelfuttermitteln (Agroscope 2014) mit Werten für vOS, vRP und vRF aus dem hier beschriebenen *In-vivo*-Versuch und zum Vergleich berechnet mit den gemessenen *In-vivo*-Verdaulichkeiten und den Gehalten aus der Feedbase (Agroscope 2019). Zum weiteren Vergleich werden zusätzlich die Werte aufgrund der Gehalte und Verdaulichkeiten gemäss der Feedbase (Agroscope 2019) angegeben, mit denen sich die Nährwerte präziser schätzen lassen, da die Werte der Stichproben des Versuchs von der Feedbase abweichen. Mit den aus den *In-vivo*-Messungen stammenden Verdaulichkeiten lassen sich die Nettoenergie für die Milch- und Fleischproduktion genauer bestimmen, indem diese Werte im Vergleich zu den Ergebnissen mit den bisher vorgeschlagenen Verdaulichkeiten aus der Feedbase (Agroscope 2019) um 0,2 MJ/kg TS korrigiert werden. Poncet *et al.* (2003) schlagen, mit einem RP-Gehalt von 385, einem NDF-Gehalt von 213 und einem Fettgehalt von 95 g/kg TS (d.h. rund +10 % RP, -25 % NDF und +55 % Fett im Vergleich zu den Gehalten aus der Feedbase) vor, einen UFL-Wert von 1,33 MJ/kg TS (entspricht 8,9 NEL), einen PDIE von 120 (entspricht APDE) und einen PDIN

Tab. 4 | Nährwerte der Lupinensamen.

	Lupinensamen mit Verdaulichkeiten und Gehalten des <i>In-vivo</i> -Versuchs	Lupinensamen mit <i>In-vivo</i> -Verdaulichkeiten und Gehalten Feedbase	Lupinensamen mit Verdaulichkeiten und Gehalten Feedbase
NEL (MJ/kg TS)	8,8	8,7	8,5
NEV (MJ/kg TS)	9,6	9,4	9,2
APDE (g/kg TS)	125	133	132
ADPN (g/kg TS)	198	227	227
ME (MJ/kg TS)	14,3	14,2	13,9

Feedbase: Schweizerische Futtermitteldatenbank: www.feedbase.ch, NEL: Netto-Energie Laktation, NEV: Netto-Energie Mast, APDE: absorbierbares Protein im Darm, aus verfügbarer Energie, APDN: APD aus abbaubarem Rohprotein, ME: metabolische Energie, TS: Trockensubstanz.

Tab. 5 | Gehalte, Verdaulichkeiten und Nährwerte von zerquetschten Lupinensamen und zum Vergleich von Sojaextraktionsschrot.

	RP g*	vOS %	vRP %	vRF %	NEL MJ/kg TS	NEV MJ/kg TS	APDE g/kg TS	APDN g/kg TS	ME MJ/kg TS	Lysin g/kg TS	Methionin g/kg TS	Cystin g/kg TS
Blaue Lupine zerquetscht	349	90,8	89,5	87,7	8,7	9,4	133	227	13,9	16,4	2,2	4,5
Sojaschrot ungeschält	515	90,0	91,0	80,0	7,9	8,4	261	380	13,0	32,3	6,7	7,9

*Quelle: www.feedbase.ch 2019, RP: Rohprotein, vOS: Verdaulichkeit organische Substanz, RF: Rohfaser, NEL: Netto-Energie Laktation, TS: Trockensubstanz, NEV: Netto-Energie Mast, APDE: absorbierbares Protein im Darm, aus verfügbarer Energie, APDN: APD aus abbaubarem Rohprotein, ME: metabolische Energie.

von 240 (entspricht APDN). Diese Nährwerte sind vergleichbar mit den hier dargestellten Werten vom Verdauungsversuch.

Lupinensamen im Vergleich mit Sojaextraktionsschrot

Da das Ziel darin besteht, Soja durch Lupine zu ersetzen, drängt sich ein direkter Vergleich auf. In Tabelle 5 sind die wichtigsten Werte im Zusammenhang mit der Deckung des Proteinbedarfs aufgeführt.

Bei einem tieferen RP-Gehalt und vergleichbaren Verdaulichkeiten sind die NEL, die NEV und damit die metabolische Energie der Lupine höher als bei Soja. Um den Proteinbedarf der Nutztiere zu decken, müssen die Rationen einen höheren Anteil an zerquetschten Lupinensamen enthalten im Vergleich zu Rationen, die mit Sojaextraktionsschrot ergänzt werden. Dagegen ist bei den Lupinensamen die zugeführte Energie für die Produktion (Milch oder Fleisch) pro kg TS höher.

Das Aminosäuren-Profil unterscheidet sich leicht. Bei teilweise geschältem extrudiertem Soja (Fettgehalt zwischen 1,3 und 2,5 g/kg TS) liegt der Gehalt von Cystin bei 1,56 g pro 100 g RP gegenüber 1,38 g für zerquetschte Lupinensamen, von Lysin bei 6,18 gegenüber 4,98 und von Methionin bei 1,41 gegenüber 0,68.

Schlussfolgerungen

Die bei den Berechnungen der Nährwerte festgestellten Abweichungen liegen in der Grössenordnung von einigen Prozenten, d.h. bei 0,2-0,3 MJ/kg TS. Für möglichst präzise Ergebnisse sollten die Nährwerte ausgehend von den Gehalten des effektiv zur Verfügung stehenden Einzelfuttermittels berechnet werden und die Berechnungen sollten sich dabei auf eine vRP von 89,5 %, eventuell auf eine vOS von 90,8 % sowie eine vRF von 87,7 % stützen, d.h. auf die *in vivo* festgestellten Werte (wobei die vOS und die vRF nur geringfügig abweichen). Die aus der Feedbase (Agroscope 2019) vorgeschlagenen Werte liefern aber eine brauchbare Schätzung.

Analysen weiterer Proben von Lupinensamen würden die Zuverlässigkeit der Werte für die Gehalte dieser vielversprechenden Eiweissquelle verbessern und die Datenbank ergänzen.

Der Nährwert von Lupinensamen ist für die Produktion interessant. Die Ergebnisse des Mastversuchs werden dazu aufschlussreiche Hinweise ermöglichen. Es ist denkbar, dass in naher Zukunft bei der Ernährung von Nutztieren auf die Lupine als Futterzusatz für die Proteinergänzung gesetzt werden kann. ■

Riassunto**Digeribilità *in vivo* del lupino blu (*L. angustifolius*) come fonte di proteine alternativa alla soia**

I semi di lupino, ricchi in sostanze azotate e ben coltivabili nelle attuali condizioni svizzere, possono rappresentare una valida alternativa alla soia per coprire i fabbisogni proteici dei ruminanti. Nel presente studio, si sono determinate la digeribilità *in vivo* della sostanza organica (dSO), della proteina grezza (dPG) e della fibra grezza (dFG) dei semi di lupino per stabilirne con maggiore precisione il valore nutrizionale. A questo scopo sono stati usati sedici montoni castrati. Gli animali sono stati distribuiti in quattro diversi gruppi di alimentazione che hanno ricevuto una razione a base di fieno addizionata con semi di lupino schiacciati, con un tasso di incorporazione del 0, 10, 20 e 30 % rispettivamente. La dSO del lupino, si è attestata al 90,8 %, la dPG all'89,5 % e la dFG all'87,7 %. Rispetto ai dati riportati nel Feedbase, la differenza si è attestata a +4,5 punti percentuali per la dPG, mentre per la dSO e la dFG i valori sono risultati simili. I nuovi valori nutritivi ottenuti aumentano le stime di energia netta per la produzione di 0,2 MJ/kg di sostanza secca.

Summary***In vivo* digestibility of blue lupin (*L. angustifolius*), an alternative protein source to soy**

Blue lupin can be grown under the conditions prevailing in Switzerland, and its seeds are rich in protein. It could therefore be used as a local alternative to soy imports to meet the protein requirements of ruminants. The aim of this experiment was to determine the *in vivo* digestibility of organic matter (OMd), crude protein (CPd) and crude fibre (CFd) of lupin seeds, in order to estimate their nutritional value. Sixteen wethers were assigned to four dietary treatments consisting of hay and a 0, 10, 20 and 30 % share of crushed lupin seed, respectively. Lupin OMd, CPd, and CFd were 90.8 %, 89.5 % and 87.7 %, respectively. Whereas, OMd and CFd were similar to actual values from Feedbase, CPd was 4.5 percentage points higher. This leads to an increased net energy for production of 0.2 MJ per kg dry matter.

Key words: lupine, protein, digestibility.

Literatur

- AGRIDEA, 2019. Lupin de printemps – Variétés. Lu 9.21. Zugang: https://www.agridea.ch/fileadmin/AGRIDEA/Theme/Productions_vegetales/Grandes_cultures/Listes_varietales_2020/Lu9.21-22_LR_Lupin.pdf [Juli 2019].
- Agroscope, 2014. Nährwerte von Einzelfuttermittel berechnen: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/berechnungsprogramme.html> [Juli 2019].
- Agroscope und HAFL, 2016. Lupinen, *Lupinus* spp. (verschiedene Arten: *L. albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus*, etc.): Futtermittelkatalog. Posieux und Zollikofen, 2 S. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/futtermittelkatalog.html> [Juli 2019].
- Arrigo Y., 2018. Verdaulichkeit von Futter in Mischrationen. *Agrarforschung Schweiz* 9 (7–8), 248–255.
- Broqua C., 2002. Utilisation des protéagineux dans l'alimentation des caprins laitiers, Institut de l'élevage, France. Zugang: http://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewjM6qGD36ngAhvGyaQKHbYCP8QFjAAegQICRAC&url=http%3A%2F%2Ffidele.fr%2F%3FfeID%3Dcmis_download%26oID%3Dworkspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F73849483-8346-4441-a0c9-8ac7f843342a&usq=AOvVaw2NltnOmKY4Dv1b2Mv--JIA [Juli 2019].
- Feedbase.ch, 2015. Agroscope, Schweizerische Futtermitteldatenbank. Zugang: <https://www.feedbase.ch/> [Juli 2019].
- LID (landwirtschaftlicher Informationsdienst), 2018. GVO: Anbaufläche nimmt weiter zu. <https://www.lid.ch/agronews/detail/news/gvo-anbauflaeche-nimmt-weiter-zu-1/> [Juli 2019].
- Peguiron D., 2015. Du lupin au menu des vaches laitières. *Prométerre Info* 64.
- Poncet C., Rémond D., Lepage E. & Doreau M., 2003. Comment mieux valoriser les protéagineux et oléagineux en alimentation des ruminants. *Fourrages* 174, 205–229
- Rymer C., 2000. The measurement of forage digestibility *in vivo*. In: Forage evaluation in ruminant nutrition. CAB International Publishing, 113-134. ISBN 0851993443.
- Schwarz F. J. & Kirchgessner M., 1989. Verfütterung von Samen verschiedener Leguminosen (Ackerbohne, Erbse, Lupine) und Rapsextraktionsschrot aus 0- und 00-Sorten in der Bullenmast. *Züchtungskunde* 61 (1), 71–82.