

# **Review: Optimalisasi Fermentasi Rumen dan Produksi Susu Sapi Perah melalui Pengolahan Biji-Bijian pada Pakan**

## **(A Review: Optimizing Rumen Fermentation and Milk Production in Dairy Cows through Grain Processing in Feed)**

**Nur Kholis<sup>1\*</sup>, Hartati<sup>1</sup>, Ihsan Hilmi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Suparno, Karangwangkal, Purwokerto, Indonesia 53122

\*Corresponding author: nur.kholis002@mhs.unsoed.ac.id

**Abstrak.** Teknologi pengolahan biji-bijian untuk pakan ternak terus dikembangkan untuk meningkatkan nilai nutrisi dan ketersediaan pakan bagi sapi perah. Proses pengolahan biji-bijian bertujuan untuk meningkatkan proporsi pati yang dapat difermentasi dalam rumen dan menyediakan energi yang cukup untuk produksi susu sapi perah. Metode pengolahan yang berbeda pada jenis biji-bijian yang berbeda dapat menghasilkan efek yang bervariasi. Penelitian ini bertujuan untuk merangkum hasil penelitian yang berkaitan dengan berbagai metode pemrosesan yang diterapkan pada berbagai jenis biji-bijian pakan. Berdasarkan hasil dari berbagai penelitian metode pengolahan biji-bijian untuk pakan sapi perah memiliki pengaruh terhadap peningkatan pencernaan dan ketersediaan pati, yang juga bergantung pada jenis biji-bijian yang digunakan. Proses pengolahan ini mempengaruhi produksi *Volatile Fatty Acid* (VFA) dan mengubah proporsi asetat serta propionat dalam fermentasi rumen. Perubahan ini berdampak langsung pada produksi susu serta komposisi kimia dari susu yang dihasilkan oleh sapi perah.

**Kata kunci:** biji-bijian, pakan, pemrosesan, produksi susu, sapi perah, rumen

**Abstract.** Grain processing technology for animal feed continues to be developed to improve nutritional value and feed availability for dairy cows. Grain processing aims to increase the proportion of fermentable starch in the rumen and provide sufficient energy for milk production of dairy cows. Different processing methods on different types of grains can produce varying effects. This study aims to summarize the research results related to various processing methods applied to different types of feed grains. Based on the results of various studies, processing methods of grains for dairy cattle feed have an effect on increasing digestibility and starch availability, which also depends on the type of grain used. The processing affects the production of Volatile Fatty Acid (VFA) and changes the proportion of acetate and propionate in rumen fermentation. These changes have a direct impact on milk production as well as the chemical composition of milk produced by dairy cows.

**Keywords:** grains, feed, processing, milk yield, dairy cow, rumen

### **1. Pendahuluan**

Kebutuhan susu nasional yang semakin meningkat menjadi tantangan peternak sapi perah di Indonesia untuk meningkatkan performa produksi susu pada ternak. Salah satu upaya dalam meningkatkan performa produksi ternak yaitu dengan melalui pemenuhan nutrisi ternak dari pakan. Peningkatan kualitas dan pemanfaatan pakan dapat dilakukan dengan berbagai hal, salah satunya yaitu pemanfaatan teknologi pada pakan.

Teknologi pengolahan pakan ternak terus dikembangkan untuk meningkatkan nilai nutrisi dan ketersediaan pakan bagi sapi perah [1]. Biji-bijian sebagai bahan pakan pada ruminansia penting karena kandungan pati yang tinggi [2], sehingga memberikan energi yang tinggi dalam pakan ternak serta dapat mendukung produktivitas ternak [3]. Teknologi pengolahan biji-bijian banyak diterapkan di industri pakan untuk meningkatkan nilai gizi biji-bijian [4]. Proses pengolahan biji-bijian bertujuan untuk meningkatkan proporsi pati yang dapat difermentasi dalam rumen dan yang diserap di usus halus, menghasilkan pati yang lebih mudah dicerna oleh saluran pencernaan dan menyediakan

energi yang cukup untuk produksi susu sapi perah. Pengolahan biji-bijian dalam pakan ruminansia meningkatkan fermentabilitas pakan dengan membuat pati lebih tersedia bagi mikroba rumen [5]. Peningkatan laju degradasi dan fermentasi rumen menyebabkan peningkatan kadar *Volatile Fatty Acid* (VFA), yang merupakan produk akhir dari fermentasi di dalam rumen [6]. Pemrosesan biji-bijian meningkatkan ketersediaan pati dalam pakan, sehingga ternak dapat memperoleh lebih banyak energi dan meningkatkan produksi susu [7].

Metode pengolahan yang berbeda pada jenis biji-bijian yang berbeda dapat menghasilkan efek yang bervariasi. Pemahaman tentang pengaruh metode pengolahan pada berbagai jenis biji-bijian sangat penting agar peternak dapat mempertimbangkan penggunaan teknik pengolahan yang tepat untuk meningkatkan kualitas pakan dan performa produksi ternak.

## 2. Macam metode pengolahan biji-bijian

Beberapa pengolahan biji-bijian yang banyak dilakukan di dalam industri pakan ataupun peternakan antara lain yaitu metode *steam-flaking*, *dry-rolling*, dan *grinding*. *Steam-flaking* (SF) atau pengelupasan steam uap adalah sebuah proses pengolahan biji-bijian sereal yang melibatkan penerapan panas, kelembapan, dan tekanan, dapat secara efektif meningkatkan nilai makan biji-bijian dengan meningkatkan daya cerna pati di dalam rumen dan di seluruh saluran pencernaan ruminansia [8]. *Steam flaking* meningkatkan pencernaan bahan organik didalam rumen. Hal tersebut dikarenakan biji-bijian yang diproses dengan steam memiliki strach availability yang lebih tinggi [7]. Lapisan protein dan komponen lipid pada struktur pati biji-bijian menentukan tingkat ketersediaan pati untuk mikroba rumen [9]. Steam flaking meningkatkan luas permukaan pada biji-bijian sehingga memfasilitasi penempelan mikroba yang lebih besar yang meningkatkan pencernaan butiran pati, sehingga proses tersebut dapat meningkatkan ketersediaan energi dan protein untuk mikroba rumen [10].

*Dry-rolling* merupakan metode pemrosesan dengan cara dikeringkan kemudian digiling menggunakan mesin penggilingan rol (*roller mill*) sehingga memecah biji-bijian menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, meningkatkan luas permukaan biji-bijian sehingga lebih mudah dicerna oleh hewan ternak [11]. Pengeringan dalam proses *dry-rolling* akan mengurangi kadar air sehingga akan meningkatkan komposisi nutrisi dan memperpanjang daya simpan [12]. Pemberian biji-bijian yang diproses dengan metode *dry-rolling* memungkinkan sapi memiliki produksi susu yang lebih tinggi [13].

Metode *grinding* atau penggilingan biji-bijian dalam pengolahan biji-bijian untuk pakan ruminansia melibatkan penghancuran biji-bijian, yang menghasilkan hilangnya bahan kering dan gelatinisasi yang lebih besar dibandingkan dengan metode pemipihan [14]. Penggilingan adalah metode dengan biaya yang lebih rendah dan peralatan yang lebih sederhana dibandingkan dengan metode *rolling* (penggilungan) dan *flaking* (pemipihan). Menggiling pakan biji-bijian membuat nutrisi lebih mudah diakses dan mempercepat daya cerna [15]. Penggilingan biji-bijian pada pakan ternak membantu mempercepat pencernaan dan meningkatkan penyerapan nutrisi, mengurangi konsumsi energi dan produksi metan sehingga meminimalkan dampak buruk pada lingkungan [16].

## 3. Pengaruh Metode Pengolahan Biji-Bijian terhadap Hasil Fermentasi Rumén

### 3.1. *Steam flaking*

*Steam-flaking* (SF) pada biji-bijian akan meningkatkan ketersediaan pati yang difermentasi di dalam rumen maupun yang langsung diserap oleh usus halus [17]. Lebih banyak pakan yang dapat difermentasi di dalam rumen dapat meningkatkan produksi *Volatile Fatty Acid* (VFA) di dalam rumen, sehingga apabila fermentabilitas pakan di dalam rumen lebih tinggi akan menghasilkan VFA yang lebih tinggi [18]. Beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh proses *steam-flaking* pada berbagai biji-bijian pada pakan sapi perah terhadap kadar VFA di dalam rumen tercantum pada tabel 1.

**Tabel 1.** Pengaruh proses *steam-flaking* pada berbagai biji-bijian dalam pakan terhadap kadar *Volatile Fatty Acid* (VFA) dalam rumen sapi perah

Jenis bijian	Perlakuan	Hasil	Referensi
Jagung	<i>Steam-flaking</i> dan jagung utuh	Proses <i>steam-flaking</i> pada jagung yang digunakan sebagai bahan sapi perah menghasilkan kadar total VFA , asetat, dan butirat yang lebih tinggi daripada pemberian jagung utuh.	[19]
Gandum	<i>Steam flaked</i> dan gandum utuh	Kedua perlakuan menghasilkan total VFA, asetat, dan butirat yang relatif sama, namun proses <i>steam-faking</i> menghasilkan proporsi propionat yang lebih tinggi	[20]
Sorgum	<i>Steam-flaking</i> dan <i>dry-rolling</i>	Kedua perlakuan menghasilkan proporsi total VFA, asetat, propionat, dan butirat yang relative sama.	[21]
Barley	Steam flaked dan <i>dry-rolling</i>	Kedua perlakuan menghasilkan proporsi butirat yang relatif sama, namun metode <i>steam-flaking</i> pada barley menghasilkan proporsi propionat dan asetat yang lebih tinggi	[22]

### 3.2. Dry-rolling

Pengeringan dalam proses *dry rolling* akan mengurangi kadar air sehingga akan meningkatkan komposisi pati, serta proses penggilingan meningkatkan luas permukaan biji-bijian sehingga lebih mudah dicerna oleh hewan ternak [23]. Pemberian kombinasi biji-bijian yang diolah dengan metode *dry-rolling* meningkatkan produksi propionat dalam proses fermentasi rumen [24]. Beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh proses *dry-rolling* pada berbagai biji-bijian pada pakan sapi perah terhadap kadar VFA di dalam rumen tercantum pada tabel 2.

**Tabel 2.** Pengaruh proses *dry-rolling* pada berbagai biji-bijian dalam pakan terhadap kadar *Volatile Fatty Acid* (VFA) dalam rumen sapi perah

Jenis bijian	Perlakuan	Hasil	Referensi
Jagung	<i>Dry-rolling</i> dan jagung utuh	Proses <i>dry-rolling</i> pada jagung yang digunakan sebagai bahan sapi perah menghasilkan kadar total VFA , asetat, dan butirat yang lebih tinggi daripada pemberian jagung utuh.	[19]
Gandum	<i>Dry-rolling</i> dan gandum utuh	Proses <i>dry-rolling</i> pada gandum yang digunakan sebagai bahan sapi perah menghasilkan kadar, asetat yang lebih tinggi, dan kedua perlakuan menghasilkan kadar total VFA, propionat, dan butirat yang relatif sama.	[13]
Sorgum	<i>Dry-rolling</i> dan <i>steam-flaking</i>	Kedua perlakuan menghasilkan kadar total VFA, propionat, dan butirat yang relatif sama.	[21]
Beras	<i>Dry-rolling</i> dan <i>steam-flaking</i>	Proses <i>dry-rolling</i> pada beras yang digunakan sebagai bahan sapi perah tidak berpengaruh terhadap proporsi molar total VFA, asetat, propionat, maupun butirat.	[25]
Barley	<i>Dry-rolling</i> dan barley utuh	Proses <i>dry-rolling</i> pada barley yang digunakan sebagai bahan sapi perah menghasilkan kadar total VFA , dan asetat, yang lebih rendah daripada pemberian jagung utuh, dan tidak memiliki pengaruh pada kadar propionat dan butirat.	[26]

### 3.3. Grinding (Penggilingan halus)

Penggilingan biji-bijian akan meningkatkan luas permukaan sehingga memungkinkan akses enzim yang lebih besar untuk menjangkau pati, hal tersebut dapat meningkatkan degradasi pati dalam biji-bijian [27]. Hal tersebut akan meningkatkan produksi *Volatile Fatty Acid* (VFA) di dalam rumen

[28]. Beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh proses *grinding* atau penggilingan pada berbagai biji-bijian pada pakan sapi perah terhadap kadar VFA di dalam rumen tercantum pada tabel 3.

**Tabel 3.** Pengaruh proses *grinding* pada berbagai biji-bijian dalam pakan terhadap kadar *Volatile Fatty Acid* (VFA) dalam rumen sapi perah

Jenis bijian	Perlakuan	Hasil	Referensi
Jagung	<i>Grinding</i> dan <i>dry-rolling</i>	Proses <i>grinding</i> pada jagung yang digunakan sebagai bahan sapi perah menghasilkan kadar total VFA dan asetat, yang lebih tinggi, namun dari kedua perlakuan tidak terdapat perbedaan pada kadar propionat, dan butirrat.	[26]
Sorgum	<i>Finely ground</i> dan <i>coarse ground</i>	Proses penggilingan halus pada sorghum yang digunakan sebagai bahan sapi perah menghasilkan kadar total VFA, butirrat, dan propionat yang lebih tinggi. Kedua perlakuan menghasilkan kadar asetat yang relatif sama.	[29]
Barley	<i>Ground</i> dan <i>steam-flaked</i>	Kedua perlakuan menghasilkan kadar total VFA, propionat, dan butirrat yang relatif sama.	[30]

#### 4. Pengaruh Metode Pengolahan Biji-bijian terhadap Produksi Susu

Pemrosesan biji-bijian akan meningkatkan ketersediaan pati sehingga ternak dapat memperoleh energy yang lebih tinggi dari pakan, hal tersebut meningkatkan produksi susu [31], Beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh proses pengolahan pada berbagai biji-bijian pada pakan sapi perah terhadap produksi susu tercantum pada tabel 4.

**Tabel 4.** Pengaruh proses pengolahan pada berbagai biji-bijian dalam pakan terhadap produksi susu sapi perah

Parameter	Jenis biji-bijian	Ground	Steam flaked	Dry Rolled
Produksi susu (kg/hari)	Jagung <sup>1</sup>	46.3	46.4	-
	Gandum <sup>2</sup>	-	46.55 <sup>a</sup>	49.23 <sup>b</sup>
	Beras <sup>3</sup>	-	37.4 <sup>b</sup>	35.4 <sup>a</sup>
	Sorghum <sup>4</sup>	21.2 <sup>a</sup>	22.6 <sup>b</sup>	-
	Barley <sup>5</sup>	27.8	28.6	29.0
Persentase laktosa susu (%)	Jagung <sup>1</sup>	2,17	2,16	-
	Gandum <sup>2</sup>	-	4,35	4,42
	Beras <sup>3</sup>	-	1,66 <sup>b</sup>	1,58 <sup>a</sup>
	Sorghum <sup>4</sup>	4,59	4,64	-
	Barley <sup>5</sup>	5,10	5,14	5,16
Persentase Lemak susu (%)	Jagung <sup>1</sup>	2,61 <sup>a</sup>	2,75 <sup>b</sup>	-
	Gandum <sup>2</sup>	-	3,69 <sup>a</sup>	4,00 <sup>b</sup>
	Beras <sup>3</sup>	-	4,18	4,45
	Sorghum <sup>4</sup>	3,44 <sup>a</sup>	3,63 <sup>b</sup>	-
	Barley <sup>5</sup>	3,96	3,78	3,76

<sup>a,b</sup>Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata  
 Sumber : <sup>1</sup>[8], <sup>2</sup>[13], <sup>3</sup>[25], <sup>4</sup>[21], <sup>5</sup>[30]

Menurut penelitian [8], pemberian pakan yang menggunakan jagung dengan pengolahan *steam-flaking* menghasilkan produksi susu harian yang tidak berbeda nyata dengan penggunaan jagung dengan pengolahan *grinding* yang berkaitan dengan tidak adanya pengaruh pada konsumsi pakan sehingga memiliki produksi susu yang relatif sama. Hasil yang berbeda ditunjukkan pada gandum dengan perbandingan metode pemrosesan yang sama pada penelitian [21], dimana prnggunssn metode

pemrosesan *steam-flaking* pada sorghum menghasilkan produksi susu yang lebih tinggi dari penggunaan metode pemrosesan grindig. Produksi susu pada penelitian [13] lebih tinggi pada penggunaan gandum yang diolah dengan proses *dry-rolling* dibandingkan pada penggunaan gandum yang diolah dengan proses *steam-flaking*, sebaliknya pada beras metode pemrosesan steam flaking menghasilkan produksi susu yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pemrosesan *dry-rolling* [25].

Menurut penelitian [8] dan [21], susu yang dihasilkan pada pemberian jagung dan sorghum yang diproses menggunakan metode *steam-flaking* memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi dibandingkan pada pemberian jagung dan sorghum dengan pengolahan *grinding*, dan pemrosesan gandum dengan metode steam flaking pada penelitian [13] menghasilkan kadar lemak susu yang lebih rendah dibandingkan dengan pemrosesan dengan metode *dry-rolling*. Hal tersebut menunjukkan bahwa jagung dan sorghum dengan pengolahan *steam-flaking* memiliki pencernaan pati didalam rumen yang lebih rendah dibandingkan dengan jagung dan sorghum yang diolah dengan metode *grinding*, dan gandum dengan pengolahan *steam-flaking* memiliki pencernaan pati didalam rumen yang lebih tinggi dibandingkan dengan gandum yang diolah dengan metode *dry-rolling*. Kadar lemak susu yang lebih tinggi menunjukkan bahwa fermentasi di dalam rumen lebih mengarah pada pembentukan asetat yang merupakan precursor pembentuk lemak susu [32] dibandingkan dengan pembentukan propionat, hal tersebut dikarenakan oleh fermentasi pati di dalam rumen yang lebih rendah [33].

Berdasarkan tabel 4, metode pemrosesan biji-bijian yang berbeda selain pada beras menghasilkan persentase laktosa pada susu yang relatif sama, namun metode pemrosesan beras dengan metode *steam-flaking* pada penelitian [25] menghasilkan persentase laktosa susu yang lebih tinggi dibandingkan pada penggunaan metode *dry-rolling*. Hasil tersebut pada penelitian memiliki hubungan positif dengan produksi susu, yang mengindikasikan bahwa penggunaan beras yang diolah menggunakan metode *steam-flaking* memiliki ketersediaan pati yang lebih tinggi [34]. Hal tersebut menyebabkan produksi propionate menjadi lebih tinggi [9] sehingga meningkatkan produksi laktosa yang menyebabkan peningkatan pada produksi susu [33].

## 5. Kesimpulan

Metode pengolahan biji-bijian untuk pakan sapi perah berperan penting dalam meningkatkan pencernaan dan ketersediaan pati, yang sangat bergantung pada jenis biji-bijian yang digunakan. Proses pengolahan ini mempengaruhi produksi *Volatiles Fatty Acid* (VFA) dan mengubah proporsi asetat serta propionat dalam fermentasi rumen, sehingga akan berpengaruh pada ketersediaan prekursor untuk mensintesis laktosa dan lemak susu. Perubahan tersebut berdampak langsung pada produksi susu serta komposisi kimia susu yang dihasilkan oleh sapi perah.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Ahmadijoo, N., H. Mansoori-Yarahmadi, J. Fakhraei, and M. Changizi. 2020. Reproductive Responses, Metabolic Disorder, Ruminal Fermentation Characteristics, and Milk Production of Postpartum Holstein Cows Fed Steam Flaked of Corn and Barley Grains. *Trop. Anim. Sci. J.* 43:240–247. doi:10.5398/tasj.2020.43.3.240.
- [2] Humer, E., and Q. Zebeli. 2017. Grains in ruminant feeding and potentials to enhance their nutritive and health value by chemical processing. *Anim. Feed Sci. Technol.* 226:133–151. doi:10.1016/j.anifeedsci.2017.02.005.
- [3] Neumann, M., L. C. Santos, E. J. Askel, B. J. Venancio, G. B. Pontarolo, F. B. Cristo, D. C. Plodoviski, and E. Pereira e Silva. 2021. Ruminal kinetics and degradability of energetic feedstuffs used in diets for ruminants. *Ciência Animal Brasileira.* 22:1809-689. doi:10.1590/1809-6891V22E-68993.
- [4] Freitas, T. B., T. L. Felix, C. Clark, F. L. Fluharty, and A. E. Relling. 2021. Effect of feeding *dry-rolling* corn or whole shelled corn during the finishing phase on growth performance and carcass characteristics. *Transl. Anim. Sci.* 5:1–8. doi:10.1093/tas/txaa228.
- [5] Kokić, B., L. Dokić, L. Pezo, R. Jovanović, N. Spasevski, J. Kojić, and M. Hadnađev. 2022.

- Physicochemical Changes of Heat-Treated Corn Grain Used in Ruminant Nutrition. *Animals*. 12:1–15. doi:10.3390/ani12172234.
- [6] Lechartier, C., and J.L. Peyraud. 2011. The effects of starch and rapidly degradable dry matter from concentrate on ruminal digestion in dairy cows fed corn silage-based diets with fixed forage proportion. *J. Dairy Sci.* 94:2440–2454.
- [7] Trotta, R. J., K. K. Kreikemeier, R. F. Royle, T. Milton, and D. L. Harmon. 2021. Flake density and starch retrogradation influence in situ ruminal degradability characteristics of *steam-flaking* corn and predicted starch digestibility and energetic efficiency. *J. Anim. Sci.* 99:skab298. doi:10.1093/jas/skab298.
- [8] Ahmadi, F., G. R. Ghorbani, A. Sadeghi-Sefidmazgi, M. Heydari, H. Rafiee, and K. A. Beauchemin. 2020. Performance and feeding behavior of dairy cows fed high-concentrate diets containing *steam-flaking* or ground corn varying in particle size. *J. Dairy Sci.* 103:3191–3203. doi:10.3168/jds.2019-17344.
- [9] Rastgoo, M., M. Kazemi-Bonchenari, M. HosseinYazdi, and M. Mirzaei. 2020. Effects of corn grain processing method (ground versus *steam-flaking*) with rumen undegradable to degradable protein ratio on growth performance, ruminal fermentation, and microbial protein yield in Holstein dairy calves. *Anim. Feed Sci. Technol.* 269. doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114646.
- [10] Jafarpour, M., M. Alikhani, A. Riasi, H. Omid-Mirzaei, M. Khorvash, and M. H. Ghaffari. 2023. Effects of corn grain processing and protein source on calf performance, rumen fermentation, and blood metabolites. *Sci. Rep.* 13:1–12. doi:10.1038/s41598-023-37365-w.
- [11] Buckhaus, E. M., W. C. Rusche, and Z. K. Smith. 2021. Effect of complete replacement of *dry-rolling* corn with unprocessed rye on growth performance, efficiency of dietary net energy use, and carcass traits of finishing heifers. *Animals*. 11:1–8. doi:10.3390/ani11010099.
- [12] Nixdorff, C., J. J. McKinnon, A. L. Shreck, M. Juárez, and G. B. Penner. 2020. Comparison of the effects of dry rolling, temper rolling, and steam flaking barley grain on dry matter intake, growth, and carcass characteristics of finishing beef steers. *Appl. Anim. Sci.* 36:820–829. doi:10.15232/aas.2020-02020.
- [13] Tosta, M. R., L. L. Prates, D. A. Christensen, and P. Yu. 2019. Effects of processing methods (rolling vs. pelleting vs. *steam-flaking*) of cool-season adapted oats on dairy cattle production performance and metabolic characteristics compared with barley. *J. Dairy Sci.* 102:10916–10924. doi:10.3168/jds.2019-16940.
- [14] Malcolm, K. J., and H. E. Kiesling. 1993. Dry matter disappearance and gelatinization of grains as influenced by processing and conditioning. *Anim. Feed Sci. Technol.* 40:321–330. doi:10.1016/0377-8401(93)90061-N.
- [15] Verdiyeva, T. Z. 2018. Determination of the Regression Coefficient when *Grinding* Grain Feeds with Small-Sized Grinders. *Russ. Agric. Sci.* 44:287–289. doi:10.3103/s1068367418030187.
- [16] Kupchuk, I., and A. Didyk. 2022. the Quality of *Grinding* of Grain Feeds Depending on the Construction Parameters and Operating Modes of Vibrating Disc Crusher. *Vib. Eng. Technol.* 2:33–44. doi:10.37128/2306-8744-2022-2-4.
- [17] Safaei, K., G. R. Ghorbani, M. Alikhani, A. Sadeghi-Sefidmazgi, and W. Z. Yang. 2017. Response of lactating dairy cows to degree of *steam-flaking* barley grain in low-forage diets. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)*. 101:e87–e97. doi:10.1111/jpn.12565.
- [18] Hoy, C. P. E., E. Hartati, and G. A. Y. Lestari. 2023. Pengaruh Silase Pakan Komplit Berbasis Sorgum Clitoria Ternatea dengan Penambahan berbagai Level Konsentrat Mengandung ZnSO<sub>4</sub> dan ZnCu Isoleusinat terhadap Fermentasi Rumen In Vitro. *Anim. Agric.* 1:79–89. doi:10.59891/animacultura.v1i2.18.
- [19] Lesmeister, K. E., and A. J. Heinrichs. 2004. Effects of corn processing on growth characteristics, rumen development, and rumen parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 87:3439–3450. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73479-7.
- [20] Qiao, F., F. Wang, L. Ren, Z. Zhou, Q. Meng, and Y. Bao. 2015. in vitro fermentability , and

- energetic values of maize , wheat and rice. *J. Integr. Agric.* 14:949–955. doi:10.1016/S2095-3119(14)60913-8.
- [21] Nikkhah, A., M. Alikhani, and H. Amanlou. 2004. Effects of feeding ground or *steam-flaking* broom sorghum and ground barley on performance of dairy cows in midlactation. *J. Dairy Sci.* 87:122–130. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73149-5.
- [22] Barreras, A., A. Plascencia, and R. A. Zinn. 2014. Influence of Processing of Barley Grain on Characteristics of Digestion , Ruminal Fermentation and Digestible Energy of Diet in Lactating Cows. *Iran. J. Appl. Anim. Sci.* 4:477–484.
- [23] Feng, X., L. L. Prates, M. E. Rodríguez Espinosa, Q. Peng, H. Zhang, W. Zhang, and P. Yu. 2023. Dry heating, moist heating, and microwave irradiation of cold-climate-adapted barley grain—Effects on ruminant-relevant carbohydrate and molecular structural spectral profiles. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl).* 107:113–120. doi:10.1111/jpn.13708.
- [24] Johnson, J. A., B. D. Sutherland, J. J. McKinnon, T. A. McAllister, and G. B. Penner. 2020. Effect of feeding barley or corn silage with *dry-rolling* barley, corn, or a blend of barley and corn grain on rumen fermentation, total tract digestibility, and nitrogen balance for finishing beef heifers. *J. Anim. Sci.* 98:skaa002.
- [25] Miyaji, M., and K. Nonaka. 2018. Effects of altering total mixed ration conservation method when feeding *dry-rolling* versus *steam-flaking* hulled rice on lactation and digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101:5092–5101. doi:10.3168/jds.2017-13802.
- [26] Gimeno, A., A. Al Alami, L. Abecia, A. de Vega, M. Fondevila, and C. Castrillo. 2015. Effect of type (barley vs. maize) and processing (*grinding* vs. dry rolling) of cereal on ruminal fermentation and microbiota of beef calves during the early fattening period. *Anim. Feed Sci. Technol.* 199:113–126. doi:10.1016/j.anifeedsci.2014.11.008.
- [27] Allen, M. S., R. A. Longuski, and Y. Ying. 2021. Effects of corn grain endosperm type and fineness of grind on site of digestion, ruminal digestion kinetics, and flow of nitrogen fractions to the duodenum in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 104:7641–7652.
- [28] Amaro, F. X., D. Kim, M. C. N. Agarussi, V. P. Silva, T. Fernandes, K. G. Arriola, Y. Jiang, A. P. Cervantes, A. T. Adesogan, L. F. Ferraretto, S. Yu, W. Li, and D. Vyas. 2021. Effects of exogenous  $\alpha$ -amylases, glucoamylases, and proteases on ruminal in vitro dry matter and starch digestibility, gas production, and volatile fatty acids of mature dent corn grain. *Transl. Anim. Sci.* 5:1–16. doi:10.1093/tas/txaa222.
- [29] Shipandeni, M. N. T., E. M. Paula, G. Esposito, A. P. Faciola, and E. Raffrenato. 2023. Effects of starch sources varying in particle sizes on ruminal fermentation, nutrient flow, starch digestibility, and lactation performance of dairy cows. *J. Anim. Sci.* 101:1–12. doi:10.1093/jas/skad147.
- [30] Sadri, H., G. R. Ghorbani, M. Alikhani, M. Babaei, and A. Nikkhah. 2007. Ground, *dry-rolling* and steam-processed barley grain for midlactation Holstein cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 138:195–204. doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.06.025.
- [31] Batistel, F., J. de Souza, and F. A. P. Santos. 2017. Corn grain-processing method interacts with calcium salts of palm fatty acids supplementation on milk production and energy balance of early-lactation cows grazing tropical pasture. *J. Dairy Sci.* 100:5343–5357.
- [32] Liu, S., Z. Wei, M. Deng, Z. Xian, D. Liu, G. Liu, Y. Li, B. Sun, and Y. Guo. 2023. Effect of a high-starch or a high-fat diet on the milk performance, apparent nutrient digestibility, hindgut fermentation parameters and microbiota of lactating cows. *Animals.* 13:2508.
- [33] Abbas, Z., A. Sammad, L. Hu, H. Fang, Q. Xu, and Y. Wang. 2020. Glucose metabolism and dynamics of facilitative glucose transporters (Gluts) under the influence of heat stress in dairy cattle. *Metabolites.* 10:1–19. doi:10.3390/metabo10080312.
- [34] Piantoni, P., and M. J. VandeHaar. 2023. Symposium review: The impact of absorbed nutrients on energy partitioning throughout lactation. *J. Dairy Sci.* 106:2167–2180. doi:10.3168/jds.2022-22500.