

Feuchtigkeitsoptimierung: Sicherstellung von Futterqualität und Futtermühleneffizienz



von *Sabria Regragui Mazili*, EW Nutrition

Unterschiedliche klimatische Bedingungen, wechselnde Rohstoffqualitäten und technische Einschränkungen machen die Optimierung des Feuchtegehaltes im Mischfutter zu einer Herausforderung für den Futtermittelhersteller.

In Kombination mit hohen Temperaturen kann ein zu hoher Feuchtigkeitsgehalt im Futter das Wachstum von Schimmelpilzen begünstigen. Schimmelpilze verderben das Futter. Sie verbrauchen enthaltene Energie und Nährstoffe und machen das Futter ungenießbar. Schlimmer noch, einige Schimmelpilze setzen Giftstoffe frei, die sich schädlich auf die Gesundheit und Leistung der Tiere auswirken. Auf der anderen Seite beeinträchtigt eine zu geringe Feuchte im Futter die Stabilität der Pellets, erhöht den Abrieb, den Prozessverlust und den Energieverbrauch und verringert gleichzeitig die „Pelletausbeute“ ([Moritz et al., 2002](#)).

In diesem Artikel untersuchen wir, wie die richtige Wahl eines Verarbeitungshilfsmittels dazu dienen kann, die Effizienz der Futtermühlen nachhaltig zu steigern. Gezieltes Feuchtigkeitsmanagement bei der Konditionierung der Futtermischung vor der Pelletierung ermöglicht es Futtermittelherstellern, Vorteile sowohl in Hinblick auf Wirtschaftlichkeit als auch Futterqualität zu erzielen.



Effizientes Feuchtigkeitsmanagement erfordert oberflächenaktive Stoffe und organische Säuren

Feuchtigkeitsmanagement beginnt mit der Überwachung bestimmter Indikatoren. Der Feuchtegehalt bezieht die Gesamtmenge an Wasser, die in einem Stoff enthalten ist, in der Regel ausgedrückt als Prozentsatz des Gesamtgewichts. Futtermittelhersteller verfolgen den Feuchtegehalt von Rohstoffen, Futtermischung und Pellets während aller Verarbeitungsstufen, um Qualität, Erträge und Rentabilität zu optimieren.

Für die Verhinderung von Schimmelbildung ist jedoch die Wasseraktivität (Aw-Wert) die kritische Größe. Einfach ausgedrückt: Mikroorganismen wie Bakterien, Hefen und Schimmelpilze brauchen eine bestimmte Wasseraktivität, um wachsen zu können. Je höher die Wasseraktivität ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit von unerwünschtem mikrobiellen Wachstum ([Roos, 2003](#)). Wasseraktivität beschreibt, welcher Anteil der Wassermoleküle nicht in chemischen Verbindungen im Futter gebunden ist und damit zur Unterstützung des mikrobiellen Wachstums zur Verfügung steht. Die Wasseraktivität hat Auswirkungen auf die Sicherheit und Qualität von Lebens- und Futtermitteln.

Die folgende Tabelle listet die Wasseraktivitätswerte auf, bei denen häufig vorkommende futtermittelkontaminierende Pilze zu wachsen beginnen und Mykotoxine produzieren, die die [Tierproduktion weltweit](#) stark schädigen.

Minimale Wasseraktivität (Aw) für Wachstum und

Toxinproduktion von Getreide-Schimmelpilzen

Pilzart	Mykotoxin	Minimale A_w	
		Wachstum	Toxinproduktion
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxin	0.78 – 0.84	0.84
<i>Aspergillus parasiticus</i>		0.84	0.87
<i>Aspergillus ochraceus</i>		0.77	0.85
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	Ochratoxin	0.82 – 0.85	0.87 – 0.90
<i>Penicillium viridicatum</i>		0.80 – 0.81	0.83 – 0.86
<i>Aspergillus ochraceus</i>		0.77	0.88
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	Penicillinsäure	0.82 – 0.85	0.97
<i>Penicillium patulum</i>		0.81	0.95
<i>Penicillium expansum</i>		0.82 – 0.84	0.99
<i>Aspergillus clavatus</i>	Patulin	–	0.99
<i>Fusarium verticillioides</i>		0.88	0.93
<i>Fusarium proliferatum</i>		0.88	0.93

Basierend auf Magan, Aldred, and Sanchis (2004)

Reines Wasser für die Futterkonditionierung – Gut?

Durch intensive Reibung beim Mahlen und Mischen entsteht Hitze, und Feuchtigkeit aus dem Futter geht in Form von Dampf verloren. Bei zu niedrigen Feuchtigkeitswerten steigen die Produktionskosten aufgrund des erhöhten Energieverbrauchs, die Qualität am Ende verschlechtert sich, der Pelletierungsprozess wird ineffizient. Der Feuchtegehalt ist dementsprechend entscheidend für die Sicherstellung von Produktionsleistung und Futterqualität, deshalb muss dem System wieder Feuchtigkeit zugeführt werden. Es reicht jedoch nicht, „einfaches“ Wasser hinzuzufügen: Reines Wasser verbindet sich nicht ohne weiteres mit dem Futter; tatsächlich bleibt es auf der Futteroberfläche, erhöht die Wasseraktivität des Futters und wird so zu einem perfekten Substrat für mikrobielles Wachstum. Wenn das Futter wieder abgekühlt wird, verdunstet außerdem Wasser ohne sonstigen Zusatz wieder weitestgehend und kann zu Gewichtsverlusten im fertigen Futter führen.

Oberflächenaktive Stoffe

In der Konditionierungsphase ist es daher wichtig, dem Wasser oberflächenaktive Stoffe hinzuzufügen und damit dessen Verhalten zu verändern: Indem die Oberflächenspannung des Wassers reduziert wird, kann es von den Futterpartikeln aufgenommen und gleichmäßig im Futter verteilt werden. Das resultierende verbesserte Wasserretentionsvermögen kann:

- die Stärkegelatinierung während der Konditionierung erleichtern (wichtig, um das Pellet haltbarer und das Futter verdaulicher zu machen),
- den Futterschwund in der Kühlphase minimieren,
- die Reibung und damit den Energiebedarf für die Pelletierung reduzieren (Verbesserung der Mahleffizienz) und

- das mikrobielle Wachstum durch Reduktion der Wasseraktivität eindämmen.

Organische Säuren

Neben oberflächenaktiven Stoffen zur Schimmelbekämpfung setzen Futtermittelhersteller auch noch organische Säuren ein. Ziel ist es, den Feuchtigkeitsgehalt im Futter zu optimieren, aber auch die Gefahr von (Re-)Kontamination mit Schimmelpilzen entlang der Produktionslinien zu vermeiden.

Schauen wir, wie Propionsäure, die effektivste organische Säure, funktioniert: In ihrem nicht dissoziierten Zustand hat Propionsäure all ihre Wasserstoffionen an das Molekül gebunden. In der Schimmelpilzzelle angelangt, dissoziiert sie und die Wasserstoffionen trennen sich vom Molekül. Dies führt zur Absenkung des intrazellulären pH-Wertes, Hemmung der Stoffwechselwege und letztendlich zum Tod der Zelle ([Smith et al., 1983](#)).

Gängige Futtermittelrohwaren wie Sojaschrot, Mais, Weizen, Gerste und geschälter Hafer werden oft mehrere Monate lang gelagert. Angesichts wechselnder und vielleicht problematischer Temperatur-, Sauerstoff- und Feuchtigkeitsbedingungen kann dabei die Wasseraktivität leicht eskalieren ([Mannaa and Kim, 2017](#)). Dies macht es noch wichtiger, gezielt eine organische Säure mit lang anhaltender antimykotischer Aktivität einzusetzen.

SURF•ACE: Höhere Leistung der Futtermühle, bessere Pelletqualität

Durch eine synergistische Mischung aus organischen Säuren und oberflächenaktiven Stoffen kann dem Futter Feuchtigkeit zugeführt werden, ohne Risiko, die Feuchtigkeit bei der Abkühlung wieder zu verlieren oder Schimmelbildung zu fördern. So wirkt SURF•ACE™, ein Pelletierhilfsstoff für Futtermühlen, der mit dem Ziel entwickelt wurde, die Futterqualität sicherzustellen und die Produktionseffizienz bestmöglich zu steigern. Durch optimale Nutzung der Futtermittelressourcen und Senkung des Energiebedarfs kann effektiv der ökologische "Fußabdruck" der Futtermittelindustrie verbessert werden.

Höherer Pressendurchsatz

Die Wirkung der Zugabe von [SURF•ACE](#) zu Rationen mit steigendem Fettgehalt wurde in mehr als 40 Futtermühlen mit Produktionskapazitäten von 5 bis 20 Tonnen pro Stunde unter identischen Stromverbrauchsbedingungen getestet. SURF•ACE wird dem Wasser zugesetzt. Die entstehende Hydratationslösung wirkt wie ein Schmiermittel im Futter und reduziert so die Reibung in den Matrizen vor der eigentlichen Pelletierung. Ergebnisse aus verschiedenen Feldstudien zeigten 5-25 % Verbesserung der Pressenleistung je nach Standard der Futtermühle.

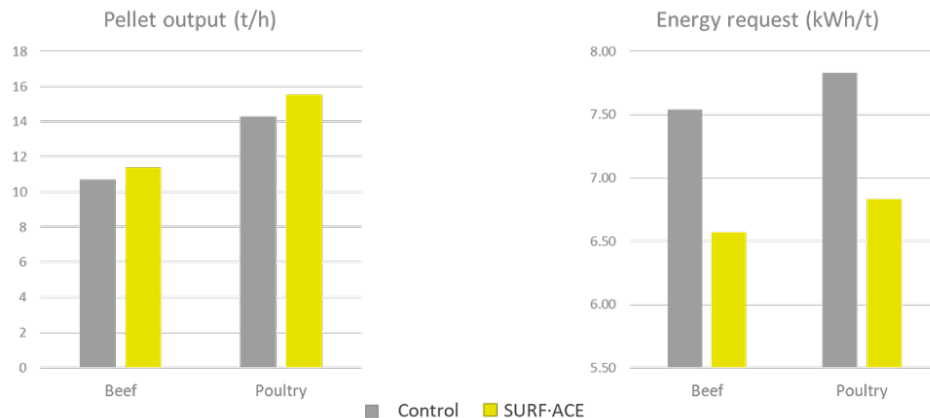
Welche Rolle spielt Fett in diesem Szenario? Nahrungsfett wirkt als Schmiermittel zwischen Futter und Matrize und reduziert somit den Druck. Je höher der Fettanteil im Mischer, desto geringer ist der Energieaufwand für die Verarbeitung des Futters ([Pope, Brake, und Fahrenholz, 2018](#)). Die in SURF•ACE enthaltenen oberflächenaktiven Stoffe wirken emulgierend. Sie ermöglichen eine Verbindung von Wasser und Futterfett. Die Emulsion aus Wasser und Fett "verhält" sich wie Fett, verbessert die Schmierung der Presse und erzeugt einen höheren Durchsatz bei gleichem Stromverbrauch.

Beispiel: In einer Futtermühle in der Türkei wurde SURF•ACE in Rinder- und Geflügelfutter getestet.

- T0: Futter jeweils ohne Zusatz
- T1: Futter + Hydratationslösung (Wasser mit 2 % SURF•ACE); Konzentration 1 % im Futter

Einsatz von SURF•ACE erhöht den Pelletausstoss bzw.

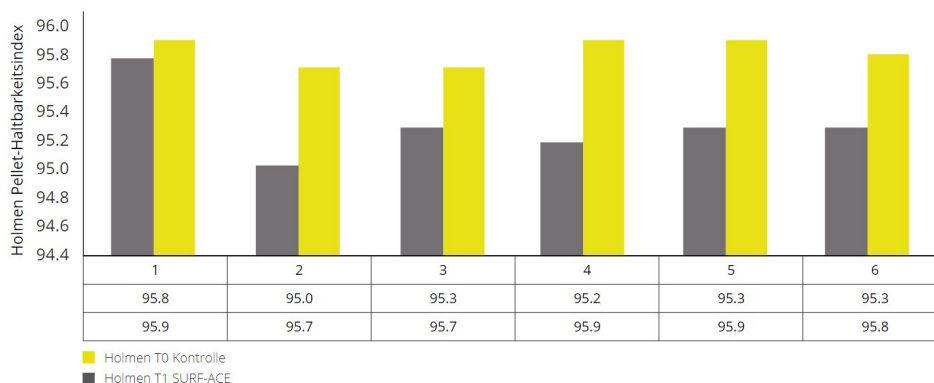
reduziert den Energieverbrauch bei gleicher Pelletmenge



Höhere Pelletqualität

Bezeichnenderweise wirkt sich die Zugabe von SURF•ACE nicht negativ auf die Pellethaltbarkeit aus, ein sonst häufiges Problem bei fettreichen Diäten ([Moritz et al., 2003](#)). Im Gegenteil, es verbessert die Haltbarkeit von Pellets, da mehr kristalline Stärke gelatinisiert wird. Dies führt zu verbesserten Ergebnissen für die Haltbarkeitsprüfung von Pellets mit dem Holmen-Tester:

Zugabe von SURF•ACE verbessert die Pelletstabilität



Pellets müssen erheblichen Belastungen standhalten, zum Beispiel beim Absacken und Transportieren sowie in den Zuführleitungen. Der Holmen Pellet Tester (der Industriestandard zur Bewertung der Haltbarkeit von Pellets) simuliert diese Belastungen und berechnet den Prozentsatz des erzeugten Abriebs, ausgedrückt als Pellet-Haltbarkeitsindex (PDI). Bei sechs verschiedenen Geflügel-Mischfutterarten verbessert SURF•ACE die Pelletqualität und damit den PDI. Weniger Abrieb bedeutet weniger Aufwand für den Futtermittelhersteller für die Rückführung des Abriebs in den Prozess und eine höhere Schmackhaftigkeit der Pellets für die Tiere.

Das nächste Level in der Mischfutterproduktion

Um einen optimalen Feuchtigkeitsgehalt im Mischfutter zu erreichen ist ein komplexer Balanceakt nötig, der technische Einschränkungen, Rohstoffvariabilität, mikrobielle Belastungen und den Preisdruck wettbewerbsintensiver Futtermittelmärkte miteinbeziehen muss. Futtermühlen arbeiten in der Regel in einer bestimmten Komfortzone, einem Durchsatz- und Qualitätsniveau, bei dem sie Produktionsprobleme

minimieren. Dank seiner doppelten, oberflächenaktiven und konservierenden, Wirkung erweitert der Pelletierhilfsstoff SURF•ACE die Komfortzone in zwei Dimensionen: In Hinblick auf Wirtschaftlichkeit führt die verbesserte Schmierung zur besseren Ausnutzung des Leistungspotentials der Maschinen oder zu gleichen Ergebnissen bei geringerem Stromverbrauch. Hinsichtlich Futterqualität führen effektive Vorbeuge gegen Schimmelpilze und verbesserte Pelletqualität zu sicherem, schmackhaftem Futter – und damit zu sicheren, nahrhaften Lebensmitteln für uns alle.

References

Magan, Naresh, David Aldred, and Vicente Sanchis. "The Role of Spoilage Fungi in Seed Deterioration." Essay. In *Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications*, edited by Dilip K. Arora, 311–23. New York: Marcel Dekker, 2004.

Mannaa, Mohamed, and Ki Deok Kim. "Influence of Temperature and Water Activity on Deleterious Fungi and Mycotoxin Production during Grain Storage." *Mycobiology* 45, no. 4 (2017): 240–54. <https://doi.org/10.5941/myco.2017.45.4.240>.

Moritz, J. S., K. J. Wilson, K. R. Cramer, R. S. Beyer, L. J. McKinney, W. B. Cavalcanti, and X. Mo. "Effect of Formulation Density, Moisture, and Surfactant on Feed Manufacturing, Pellet Quality, and Broiler Performance." *Journal of Applied Poultry Research* 11, no. 2 (2002): 155–63. <https://doi.org/10.1093/japr/11.2.155>.

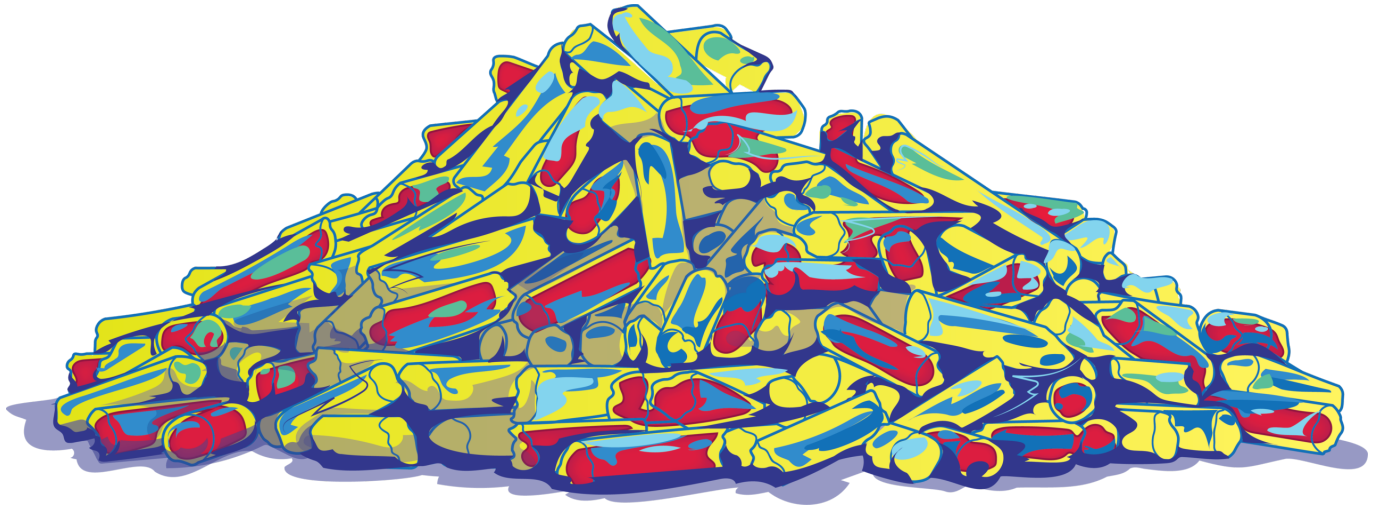
Moritz, J. S., K. R. Cramer, K. J. Wilson, and R. S. Beyer. "Feed Manufacture and Feeding of Rations with Graded Levels of Added Moisture Formulated to Different Energy Densities." *Journal of Applied Poultry Research* 12, no. 3 (October 1, 2003): 371–81. <https://doi.org/10.1093/japr/12.3.371>.

Pope, J. T., J. Brake, and A. C. Fahrenholz. "Post-Pellet Liquid Application Fat Disproportionately Coats Fines and Affects Mixed-Sex Broiler Live Performance from 16 to 42 d of Age." *Journal of Applied Poultry Research* 27, no. 1 (March 1, 2018): 124–31. <https://doi.org/10.3382/japr/pfx054>.

Roos, Y. H. "WATER ACTIVITY | Effect on Food Stability." Essay. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition Second Edition*, edited by Luiz Trugo and Paul M. Finglas, 6094–6101. Cambridge, MA: Academic Press, 2003.

Smith, Philip A., Talmadge S. Nelson, Linda K. Kirby, Zelpha B. Johnson, and Joseph N. Beasley. "Influence of Temperature, Moisture, and Propionic Acid on Mold Growth and Toxin Production on Corn." *Poultry Science* 62, no. 3 (1983): 419–23. <https://doi.org/10.3382/ps.0620419>.

Moderne phytogene Futterzusatzstoffe - auf die Verkapselung kommt's an



Henning Gerstenkorn & Ruturaj Patil, EW Nutrition

Sekundären Pflanzenextrakten wurden eine verbesserte Verdauung, positive Effekte auf die Darmgesundheit, sowie ein Schutz bei oxidativem Stress in diversen wissenschaftlichen Studien der vergangenen Jahre attestiert ([Hashemi and Davoodi, 2011](#)). Ihr Einsatz als Futtermittelzusatzstoff hat sich etabliert und verschiedene Mischungen, den entsprechenden Zielstellungen angepasst, sind erhältlich. Deren Verwendung im pelletierten Futter stehen jedoch seit geraumer Zeit kritische Stimmen gegenüber. Eine unbefriedigende Reproduzierbarkeit der positiven Einflüsse auf die Leistungsparameter, insbesondere in ihrem Ausmaß, stehen im Fokus der Kritiker.

Als mögliche Ursachen werden nicht ausreichend standardisierte Rohwaren, sowie nicht kontrollierbare und ungleichmäßige Verluste der wertvollen enthaltenen Phytomoleküle während der Mischfutterherstellung diskutiert. In diesem Artikel beleuchten wir einen weiteren Parameter dessen Leistungsfähigkeit für die ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit von phytogenen Futterzusatzstoffen entscheiden ist: die Verkapselungstechnologie.



Qualität phytogener Zusatzstoffe hängt von mehreren Faktoren ab

Das intensive Bestreben der Nutztierhaltung, deren Bedarf antibiotisch wirksamer Arzneimittel auf ein unverzichtbares Minimum zu reduzieren, hat zu einer intensiveren Nutzung von natürlichen und naturidentischen Futtermittelzusatzstoffen zur präventiven Gesunderhaltung der Nutztierbestände geführt. In den Kategorien der zootechnischen und sensorischen Zusatzstoffe sind zahlreiche Stoffe eingeordnet, die in der Humanernährung in dem Bereich der Gewürzpflanzen und Kräuter, oder in der traditionellen Medizin als Heilkräuter bekannt sind.

Die ersten verfügbaren Produkte dieser phytoenen Zusatzstoffe wurden auf einfachem Wege dem Mischfutter beigemischt. Die gewünschten Pflanzenteile wurden, ähnlich wie Gewürze und Kräuter in der Humanernährung, zerkleinert, oder zermahlen dem Premix beigemischt. Alternativ wurden flüssige Pflanzenextrakte vorab auf einen geeigneten Träger (z. B. Kieselgur) gebracht, um diese dann in den Premix einzubringen. An diesen Verfahrensweisen lassen sich zwei Gegebenheiten aufzeigen, die für die zu Beginn genannten schwierigen Reproduzierbarkeit positiver Ergebnisse verantwortlich sein können.

Variabilität aktiver Substanzen in Rohstoffen

Ein nicht zu unterschätzender Störfaktor ist die variierende Konzentration und Zusammensetzung der aktiven Substanzen in der Pflanze. Diese Zusammensetzung ist im Wesentlichen von den Standortbedingungen, wie Witterung, Boden, Lebensgemeinschaft und Erntezeitpunkt abhängig ([Ehrlinger, 2007](#)). In einem aus Thymian gewonnenen Öl können daher die Gehalte des relevanten Phenols Thymol zwischen 30 und 70 % variieren (Lindner, 1987). Diese extremen Schwankungen werden bei modernen phytoenen Zusatzstoffen durch den Einsatz naturidentischer Inhaltsstoffe vermieden.

Pelletierung setzt sensiblen Zusatzstoffen zu

Die in Diskussion stehenden Verluste der wertvollen Phytomoleküle können ebenfalls auf die natürliche Herkunft der Rohmaterialien zurückgeführt werden. Einige Phytomoleküle (z. B. Cineol) sind bereits bei niedrigen Temperaturen flüchtig. In der Hausapotheke nutzt man diesen Effekt vorwiegend bei Erkältungsprodukten, um unter Zugabe von heißem Wasser die ätherischen Öle aus Minze und Eukalyptus inhalieren zu können. Im Prozess des Pelletierens in der Mischfutterherstellung herrschen je nach Bauart Temperaturen zwischen 60 °C und bis zu 90 °C, die bis zum Abkühlungsprozess über mehrere Minuten anhalten können. Sensible Zusatzstoffe können in diesem Prozessschritt inaktiviert werden, oder sich verflüchtigen.

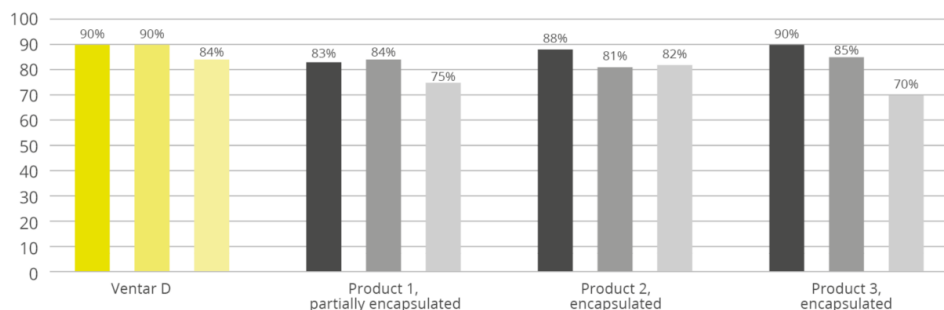
Eine stabile Verkapselung als

Schlüssel zur Stabilität

Eine technische Lösung zur Erhaltung temperatursensibler Zusatzstoffe stellt die Ummantelung mit einer Schutzhülle dar, welche bei Enzymen bereits etabliert ist. Eine solche sogenannte Verkapselung wird auch bei phylogenen Zusatzstoffen bereits in höherwertigen Produkten erfolgreich genutzt. Die flüchtigen Substanzen sollten durch eine Ummantelung mit Fett oder Stärke geschützt werden, damit der Großteil (>70%) der Inhaltsstoffe auch nach dem Pelletieren wiedergefunden wird. Leider ist mit dieser Kapsel kein kompletter Schutz möglich, da diese einfache Schutzhülle durch mechanischen Druck beim Mahlen und Pelletieren aufgebrochen werden kann. Neue Arten der Mikroverkapselung wirken dem jedoch entgegen: Vergleichbar mit einem Schwamm, wird bei mechanischem Druck auf solch eine Kapsel nur ein kleiner Anteil der mit flüchtigen Phytomolekülen gefüllten Kammern beschädigt.

Phytogener Futterzusatz mit dem Schutz für Kontinuität im Ergebnis

Mit dieser Zielsetzung hat EW Nutrition eine Mikroverkapselung speziell für den Einsatz im Futter entwickelt. Erste Ergebnisse zeigen, dass die im Produkt **Ventar D** realisierte Technologie auch unter anspruchsvollen Pelletierungsbedingungen eine hohe Wiederfindungsraten der sensiblen Phytomoleküle gewährleistet. In einer Vergleichsstudie mit im Markt etablierten verkapselten Produkten konnte **Ventar D** in allen drei getesteten Szenarien (70 °C, 45 Sek; 80 °C, 90 Sek; 90 °C, 180 Sek) die höchsten Wiederfindungsraten erzielen. In dem Stresstest bei einer Temperatur von 90 °C über eine Dauer von 180 Sekunden konnten mindestens 84 % der wertvollen Phytomoleküle erhalten, während die Vergleichsprodukte zwischen 70 % und 82 % variierten. Unter einfacheren Bedingungen wurde eine konstante Wiederfindungsrate von 90 % erreicht.



Wiederfindungsraten für jedes Produkt, von links nach rechts: 70°C/45 Sekunden; 80°C/90 Sekunden; 90°C/180 Sekunden

Ökonomisch und ökologisch nachhaltig

In der Vergangenheit wurden die genannten Verluste in der Mischfutterproduktion und insbesondere beim Pelletieren als größtenteils unvermeidbar bezeichnet. Die phylogenen Zusatzstoffe mussten in den Mischfutterwerken, abhängig vom vorliegenden Prozess, häufig um 20 % bis 40 % überdosiert werden, um im fertigen Produkt die gewünschte Dosierung der wertvollen Phytomoleküle zu erhalten. Diese Vorgehensweise bedingte einen höheren Produkteinsatz und erhöhte somit die Kosten, sowie den damit verbundenen CO₂-Fußabdruck. Die in **Ventar D** eingesetzte moderne Verkapselungstechnologie bietet nun einen deutlich besseren Schutz der wertvollen Phytomoleküle und bietet neben dem ökonomischen Vorteil auch einen effizienteren Umgang mit den zur Produktion notwendigen Ressourcen.

Referenzen

Hashemi, S. R. ; Davoodi, H. ; 2011; *Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition*; Vet Res Commun (2011) 35: 169-180; DOI 10.1007 / s11259-010-9458-2; Springer Science + Business Media BV, 2011

Ehrlinger, M., 2007: *Phytogenic additives in animal nutrition*. Inaugural dissertation. Munich: Veterinary Faculty of the Ludwig Maximilians University in Munich.

Lindner, U., 1987: *Aromatic plants - cultivation and use. Contribution to the special show - Medicinal and Spice Plants* (Federal Garden Show 1987), Teaching and Research Institute for Horticulture Auweiler-Friesdorf, Düsseldorf.