



# Application Note

## Wasseraktivität in Tiernahrung

Die Produktion von Tiernahrung ist eine der am schnellsten wachsenden Branchen weltweit und wurde 2018 auf 91 Milliarden US-Dollar geschätzt. Die Zeiten, in denen Haustiere mit Essensresten vom Tisch gefüttert wurden, sind vorbei. Heutzutage wird Tiernahrung sorgfältig formuliert, um gesunde Ernährung zu gewährleisten, Allergien zu vermeiden und Abwechslung zu bieten. Mit dem zunehmenden Wert von Tiernahrung steigen auch die Erwartungen an Sicherheit, Qualität und Konsistenz. Entsprechend den gestiegenen Erwartungen hat die staatliche Aufsicht und Regulierung intensiv zugenommen. Als der Food Safety Modernization Act (FSMA) im Jahr 2011 unterzeichnet wurde, enthielt er Empfehlungen dafür, die Vorschriften für die Tiernahrungsproduktion mit der Produktion von Lebensmitteln für den menschlichen Verzehr gleichzusetzen. Die letzten dieser Aktualisierungen in den Vorschriften traten im September 2018 für sehr kleine Unternehmen in Kraft. Die Erfüllung dieser neuen FSMA-Vorschriften und gleichzeitig die Herstellung eines sicheren, qualitativ hochwertigen und profitablen Produkts ist das aktuelle Ziel und die Herausforderung der Tiernahrungsindustrie.





# EINFÜHRUNG

Die Grundlage des Ansatzes der FSMA zur Lebensmittelsicherheit ist die Nutzung von Hazard Analysis and Risk-Based Preventive Controls (HARPC)-Programmen. Der Zweck dieser Programme besteht darin, das Risiko von lebensmittelsicherheitsbezogenen Gefahren zu bewerten, Kontrollen für diese Gefahren zu implementieren und zu überprüfen, ob die Kontrollen wirksam sind und korrektive Maßnahmen zu ergreifen, sofern das nicht so sein sollte. Die mit Tiernahrung verbundenen Gefahren konzentrieren sich hauptsächlich auf mikrobielle Verderbnis durch Lebensmittel übertragene Krankheitserreger, aber auch andere Gefahren wie Kontamination durch Metalle, Chemikalien oder Verunreinigungen werden ebenfalls anvisiert. Die zur Verhinderung von Gefahren verwendeten Kontrollen hängen von der Gefahr ab, aber für mikrobielle Verderbnis sind die Hauptkontrollen Lethalitätsbehandlungen zur Abtötung von Krankheitserregern und Produktformulierung zur Verhinderung von mikrobiellem Wachstum während der Lagerung. Diese Kontrollen müssen dann durch Tests wie interne Temperatur, während der Lethalitätsbehandlung oder Wasseraktivität des Endprodukts überwacht werden, und die Überwachungsmethoden müssen überprüft werden.

Die Erfüllung der FSMA-Anforderungen kann herausfordernd sein, wird jedoch durch die Verfügbarkeit guter Instrumente wie Wasseraktivitätsmessgeräte erleichtert, die zuverlässig und einfach überprüfbar sind. Die Kontrolle der Wasseraktivität wird seit Jahrzehnten als effektive präventive Kontrolle in der Lebensmittelindustrie eingesetzt und ist ein integraler Bestandteil der staatlichen Definition von Zeit/Temperatur-Kontrolle für die Lebensmittelsicherheit. Obwohl diese Definition erst jetzt für Tiernahrung gleichwertig gemacht wird, wird die Kontrolle der Wasseraktivität seit den 1960er Jahren in der Herstellung von Tiernahrung eingesetzt. "Gainesburgers", hergestellt von General Foods Corp, war ein Hundefutter mit mittlerer Feuchtigkeit, das die Textur eines nassen Hundefutters hatte, aber haltbar war. Dies wurde durch Formulierung mit Hilfsstoffen erreicht, um die Wasseraktivität zu senken, ohne Wasser zu entfernen, und war der Vorläufer der heute genossenen Futtermittel mit mittlerer Feuchtigkeit.



Während die Einhaltung der lebensmittelrechtlichen Vorschriften, die in der Tiernahrungsindustrie durch die FSMA implementiert wurden, sicherlich entscheidend für den Erfolg von Tiernahrungsherstellern ist, gibt es Möglichkeiten, wie ein Produkt trotz Einhaltung aller FSMA-Anforderungen scheitern kann. Dies liegt in der Regel an Qualitätsfaktoren, die das Produkt inakzeptabel machen, anstatt an Sicherheitsbedenken. Beispiele hierfür wären chemische Veränderungen wie Ranzigkeit oder physikalische Veränderungen wie Textur und Aussehen. Die Wasseraktivität ist neben der Temperatur der wichtigste bestimmende Faktor für die Geschwindigkeit des Qualitätsverlusts. Die Haltbarkeit kann maximiert werden, indem der ideale Wasseraktivitätsbereich für ein Tiernahrungsmittelprodukt identifiziert wird. Das Ziel dieses Dokuments ist es, zu belegen, warum die Wasseraktivität der wichtigste Test ist, der an Tiernahrung durchgeführt werden kann, indem beschrieben wird, wie sie zur Überwachung präventiver Kontrollen für die Lebensmittelsicherheit verwendet werden kann und die Rate des chemischen und physikalischen Abbaus reduziert werden kann.





# THEORIE DER WASSERAKTIVITÄT

Die Wasseraktivität wird als der Energiestatus des Wassers in einem System definiert und basiert auf den fundamentalen Gesetzen der Thermodynamik durch die Gibbs'sche freie Energiegleichung. Sie repräsentiert die relative chemische potenzielle Energie des Wassers, wie sie durch die Oberflächen-, kolligativen und kapillaren Wechselwirkungen in einer Matrix bestimmt wird. Praktisch wird sie als der Partialdampfdruck von Wasser in einem Gleichgewichtszustand mit der Probe gemessen, geteilt durch den gesättigten Dampfdruck von Wasser bei derselben Temperatur. Die Wasseraktivität deckt einen Bereich von 0 für knochentrockene Bedingungen bis zu einer Wasseraktivität von 1,00 für reines Wasser ab, was sich aus dem Gleichgewicht des Partialdrucks und des gesättigten Drucks ergibt. Wasseraktivität wird oft als "freies Wasser" bezeichnet und obwohl es nützlich ist, wenn es um höhere Energie geht, ist es inkorrekt, da "frei" nicht wissenschaftlich definiert ist und je nach Kontext unterschiedlich interpretiert wird. Als Ergebnis kann das Konzept von freiem Wasser Verwirrung zwischen der physikalischen Bindung von Wasser, einer quantitativen Messung, und der chemischen Bindung von Wasser zur Senkung der Energie -einer qualitativen Messung- verursachen. Anstatt eine Wasseraktivität von 0,50 anzugeben, was 50% freies Wasser bedeutet, zeigt es eher korrekt an, dass das Wasser im Produkt 50% der Energie hat, die reines Wasser in derselben Situation hätte. Je niedriger die Wasseraktivität, desto weniger verhält sich das Wasser im System wie reines Wasser.

Die Wasseraktivität wird gemessen, indem die flüssige Wasserphase in der Probe mit der dampfförmigen Wasserphase im oberen Teil einer geschlossenen Kammer ausgeglichen wird und die gleichgewichtsrelative Luftfeuchtigkeit (ERH) im oberen Bereich mit einem Sensor gemessen wird. Die relative Luftfeuchtigkeit kann mit einem resistiven elektrolytischen Sensor, einem gekühlten Spiegelsensor oder einem kapazitiven hygroskopischen Polymersensor bestimmt werden. Instrumente von Novasina, wie der LabMaster neo, verwenden einen elektrolytischen Sensor, um die ERH in einer geschlossenen Kammer zu bestimmen, in der die Probe sich befindet. Änderungen in der ERH werden durch Änderungen im elektrischen Widerstand des Elektrolytsensors verfolgt. Der Vorteil dieses Vorgehens besteht darin, dass er sehr stabil ist und gegen ungenaue Messungen aufgrund von Kontaminationen resistent ist, was eine besondere Schwäche des Spiegelsensors darstellt. Der resistive elektrolytische Sensor kann das höchste Maß an Genauigkeit und Präzision erreichen, ohne Wartung und seltene Kalibrierung.

Während die Wasseraktivität eine intensive Eigenschaft ist, die die Energie des Wassers in einem System beschreibt, ist der Feuchtegehalt eine extensive Eigenschaft, die die Menge an Feuchtigkeit in einem Produkt bestimmt. Wasseraktivität und Feuchtegehalt sind zwar verwandt, stellen jedoch nicht dieselbe Messung dar. Der Feuchtegehalt wird typischerweise durch Trocknungsverlust ermittelt, als Differenz im Gewicht zwischen einer feuchten und getrockneten Probe. Obwohl der Feuchtegehalt als Maß für Reinheit und Identität nützlich ist, korreliert er, wie in diesem Papier beschrieben, nicht so gut wie die Wasseraktivität mit mikrobiellem Wachstum, chemischer Stabilität oder physikalischer Stabilität.

Die Wasseraktivität und der Feuchtegehalt sind durch die Feuchtigkeitssorptionsisotherme verbunden. Tabelle 1 zeigt, dass verschiedene Tiernahrungsmittelprodukte ähnliche Wasseraktivitäten haben können, aber sehr unterschiedliche Feuchtegehalte aufweisen. Offensichtlich wird der Feuchtegehalt, der mit einer sicheren Wasseraktivität verbunden ist, für jedes Produkt unterschiedlich sein, und wie im nächsten Abschnitt gezeigt wird, sollte er niemals als Indikator für mikrobielle Sicherheit herangezogen werden.

Produkt	Wasseraktivität (aW)	Feuchtigkeitsgehalt (% T.M.)
Feuchtes Dosenfutter für Tiere	0,994	79,6
Zubereitete Mahlzeiten für Tiere	0,830	24,0
Imitierter Knochen-Leckerbissen	0,679	8,43
Imitierter Speck-Leckerbissen	0,669	13,0
Trockenfutter (Kroketten) für Hunde	0,493	8,59
Trockenfutter (Kroketten) für Katzen	0,459	7,79

Tabelle 1. Umfrage zur Wasseraktivität gängiger Arten von Tierfutter



# MIKROBIELLES WACHSTUM

Jeder Mikroorganismus hat eine ideale Wasseraktivität innerhalb seiner Membran und seine Fähigkeit zur Reproduktion und zum Wachstum hängt davon ab, diese Wasseraktivität aufrechtzuerhalten. Wenn ein Mikroorganismus auf eine Umgebung trifft in der die Wasseraktivität niedriger ist als seine interne Wasseraktivität, erfährt er osmotischen Stress und beginnt, Wasser an die Umgebung zu verlieren, da Wasser von hoher Wasseraktivität (Energie) zu niedriger Wasseraktivität wandert. Dieser Wasserverlust verringert den Turgor-Druck und verlangsamt die normale Stoffwechselaktivität. Um mit der Reproduktion fortzufahren, muss der Organismus seine interne Wasseraktivität unter die der Umgebung senken. Er versucht dies zu erreichen, indem er intern Lösungsmittel konzentriert. Die Fähigkeit, seine interne Wasseraktivität durch diese Strategien zu reduzieren, ist für jeden Organismus einzigartig. Folglich hat jeder Mikroorganismus eine einzigartige begrenzende Wasseraktivität, unterhalb derer er nicht wachsen kann. Beachten Sie, dass die Fähigkeit eines Organismus zur Reproduktion und zum Wachstum nicht davon abhängt, wie viel Wasser in seiner Umgebung vorhanden ist (Feuchtegehalt), sondern nur von der Energie des Wassers (Wasseraktivität) und ob es auf dieses Wasser für das Wachstum zugreifen kann.

Eine Liste der unteren Grenzwerte der Wasseraktivität für das Wachstum von Organismen, die häufig verderben, finden Sie in Tabelle 2. Diese Wachstumsgrenzen zeigen, dass alle pathogenen Bakterien bei einer Wasseraktivität von weniger als 0,87 mit dem Wachstum aufhören, während das Wachstum von häufigen Hefen, die verderben, sowie Schimmelpilzen bei 0,70 aW stoppt, was als praktisches Limit bekannt ist. Nur xerophile und osmophile Organismen können unter 0,70 aW wachsen, und jegliches mikrobielle Wachstum stoppt bei Wasseraktivitäten von weniger als 0,60 aW. Zusätzlich kann das Wachstum von Mikroorganismen durch die Wasseraktivität modelliert werden, zusammen mit anderen Wachstumsfaktoren wie Temperatur und pH-Wert.

Damit ein Haustierfutterprodukt als haltbar gilt, muss seine Wasseraktivität weniger als 0,86 aW betragen um sicherzustellen, dass keine pathogenen Bakterien auf dem Produkt wachsen können, während es im Regal steht. Haustierfutter mit einer Wasseraktivität höher als 0,70 aW, aber weniger als 0,86 aW, gilt als haltbar, unterstützt jedoch immer noch das Wachstum von Schimmel und Hefe. Haustierprodukte in diesem Bereich gelten nicht als unsicher, da Schimmel und Hefe zwar möglicherweise unerwünscht für den Verbraucher sind, jedoch keine Lebensmittelinfektionen verursachen. Dennoch wird das Wachstum auch von nicht pathogenen Organismen in der Regel als das Ende der Haltbarkeit des Produkts angesehen. Daher muss die Wasseraktivität auf unter 0,70 aW reduziert werden oder es müssen andere Maßnahmen ergriffen werden, wie ein Konservierungssystem oder eine Vakuumverpackung, um das Schimmelwachstum zu verhindern.

Mikroorganismus		Wasseraktivität-Grenzwert (aW)
<b>Clostridium botulinum E</b>		0,97
<b>Pseudomonas fluorescens</b>		0,97
Escherichia coli		0,95
Clostridium perfringens		0,95
Salmonella spp.		0,95
Clostridium botulinum A B		0,94
Vibrio parahaemolyticus		0,94
Bacillus cereus		0,93
Rhizopus nigricans		0,93
Listeria monocytogenes		0,92
Bacillus subtilis		0,91
Staphylococcus aureus (anaerob)		0,90



<b>Saccharomyces cerevisiae</b>		<b>0,90</b>
Candida		0,88
Staphylococcus aureus (aerob)		0,86
Penicillium expansum		0,83
Penicillium islandicum		0,83
Debarymoces hansenii		0,83
Aspergillus fumigatus		0,82
Penicillium cyclopium		0,81
Saccharomyces bailii		0,80
Penicillium martensii		0,79
Aspergillus niger		0,77
Aspergillus ochraceous		0,77
Aspergillus restrictus		0,75
Aspergillus candidus		0,75
Eurotium chevalieri		0,71
Eurotium amstelodami		0,70
Zygosaccharomyces rouxii		0,62
Monascus bisporus		0,61

Tabelle 2. Untere Wachstumsgrenzen der Wasseraktivität für häufige Verderbniserreger



# CHEMISCHE STABILITÄT

Die Wasseraktivität von halbfeuchtem und trockenem Haustierfutter liegt in der Regel unter 0,70 aw, was darauf hindeutet, dass mikrobielles Wachstum unwahrscheinlich ist. Haustierfutter in diesem Bereich hat jedoch keine unbegrenzte Haltbarkeit. Welche anderen Versagensmodi sind also wahrscheinlich, um die Haltbarkeit zu beenden? Für Haustierfutter im Bereich von 0,40-0,70 aw ist chemischer Abbau ein wahrscheinliches Szenario, da Reaktionsraten maximal sind. Chemische Reaktionen wie Maillard-Bräunung, Lipidoxidation, enzymatische Reaktionen usw. können den Geschmack, das Aussehen und den Nährwert von Haustierfutterprodukten beeinflussen. Die Wasseraktivität beeinflusst Reaktionsraten, indem sie die Aktivierungsenergie reduziert, die Beweglichkeit erhöht und die Reaktionsgeschwindigkeit konstant erhöht. Folglich sind Reaktionsraten besser mit der Wasseraktivität korreliert als mit dem Feuchtigkeitsgehalt. Im Allgemeinen steigen die Reaktionsraten mit steigender Wasseraktivität, aber spezifische Korrelationen hängen vom Produkttyp und der Reaktion ab. Die meisten Reaktionen erreichen ein Maximum im Bereich von 0,70-0,80 aw aufgrund der Verdünnung bei hohen Wasseraktivitäten, aber die Lipidoxidation ist die einzige Reaktion, die bei niedriger Wasseraktivität zunimmt. Die Reaktion, die am wahrscheinlichsten die Qualität von Haustierfutter beeinträchtigt, ist die Lipidoxidation oder Ranzigkeit. Dies ist eine komplexe Reaktion mit mehreren möglichen Wegen und erfordert das Vorhandensein von Lipiden (Fett), Sauerstoff und freien Radikalen, um stattzufinden. Folglich wird sie am häufigsten durch die Entfernung von Sauerstoff durch Stickstoffspülung oder die Verwendung von Sauerstoffabsorbieren kontrolliert. Ranzigkeit tritt auf, wenn die Lipidoxidation zur Bildung von Geruchsstoffen führt, die zu einem muffigen Geruch und Geschmack führen.

Trockenes Haustierfutter wird oft mit einer Fettbeschichtung besprüht, um die Frische zu erhalten und die Ernährung zu verbessern, wodurch es besonders anfällig für Ranzigkeit wird. Haustiere werden oft Futter ablehnen, das ranzig geworden ist, oder der Besitzer wird Futter wegwerfen, das nach Ranzigkeit riecht. Wie bereits erwähnt, ist die Lipidoxidation einzigartig, da ihre Rate nicht nur mit steigender Wasseraktivität zunimmt, sondern auch bei niedriger Wasseraktivität, was die allgemeine Regel, dass niedrigere Wasseraktivität besser ist, nicht in allen Fällen wahr macht.

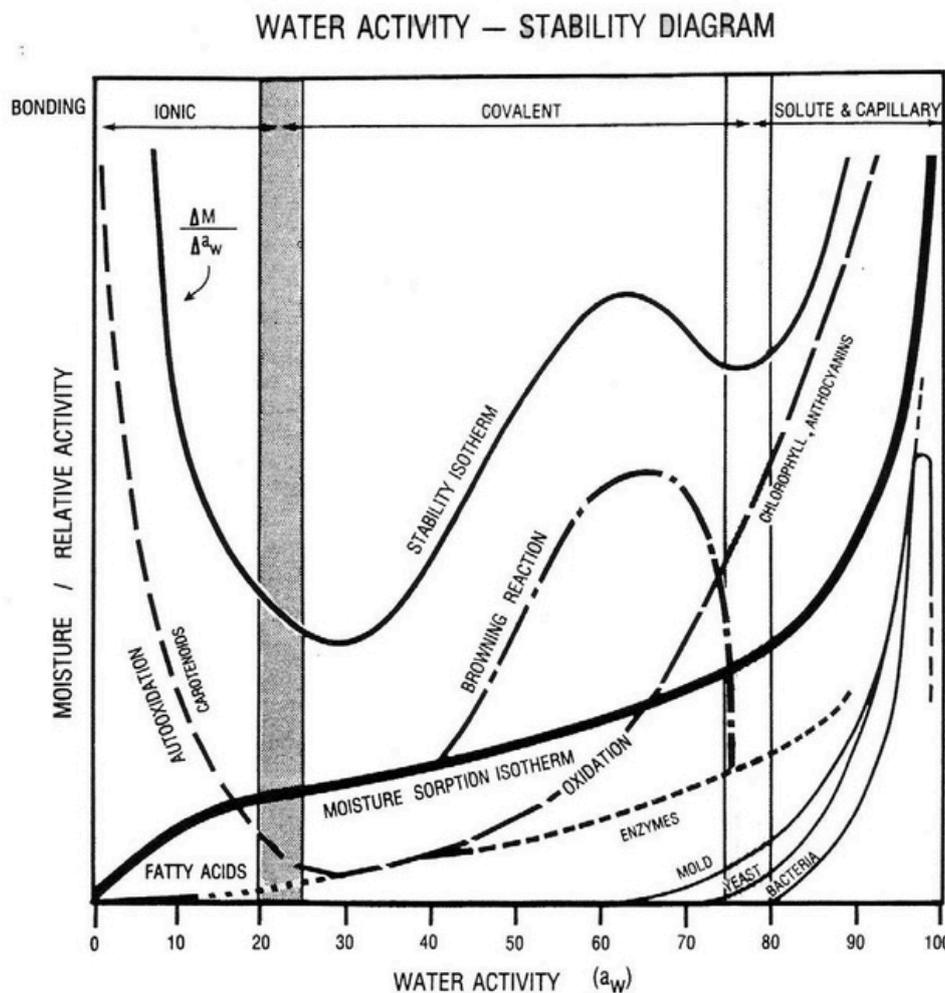
Um bei der Bestimmung der idealen Wasseraktivität zur Verlangsamung chemischer Abbauvorgänge zu helfen, kann die Reaktionsgeschwindigkeit mithilfe von Haltbarkeitsmodellen vorhergesagt werden.



Um effektiv zu sein, müssen diese Modelle den Einfluss der Wasseraktivität und der Temperatur berücksichtigen. Das einzige grundlegende Haltbarkeitsmodell, das sowohl die Wasseraktivität als auch die Temperatur berücksichtigt, ist die hygrothermische Zeit. Es leitet sich von einer Formel der Eyring-Gleichung für die Änderung der Reaktionsgeschwindigkeit und der Gibbs-Gleichung für die freie Energie ab und lautet:

$$r = r_0 \exp\left( B a_w - \frac{E_a}{RT} \right)$$

Wo T die Temperatur (K) ist, R die Gaskonstante (J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>), E<sub>a</sub> die Aktivierungsenergie (J mol<sup>-1</sup>), B das Molekülvolumenverhältnis, a<sub>w</sub> die Wasseraktivität und r<sub>0</sub> die Rate im Standardzustand ist. In der Praxis werden die Werte für B, E<sub>a</sub>/R und r<sub>0</sub> für jede Situation einzigartig sein und empirisch durch kleinste Fehlerquadrate ermittelt. Sobald die Konstanten bekannt sind, können beliebige Temperaturen und Wasseraktivitäten mit dem hygrothermischen Zeitmodell verwendet werden, um die Änderungsrate unter diesen Bedingungen zu bestimmen und somit die Haltbarkeit eines bestimmten Produkts in Bezug auf diese Änderung festzulegen.





# PHYSISCHE STABILITÄT

Bei einer niedrigen Wasseraktivität (0,20-0,40 aw) wie bei trockenen Pellets für Haustiere sind chemische Reaktionen und mikrobielle Kontamination nicht die wahrscheinlichsten Versagensursachen. Dennoch haben diese Produkte auch keine unbegrenzte Haltbarkeit. Die wahrscheinlichste Versagensursache für diese trockenen Produkte ist eine Veränderung der Produkttextur. Veränderungen der Wasseraktivität können sowohl die Struktur

als auch die Textur beeinflussen, und jedes Produkt hat einen idealen Bereich der Wasseraktivität, in dem die Textur optimal ist. Um die Haltbarkeit zu maximieren, muss ein Produkt in seinem idealen Wasseraktivitätsbereich hergestellt und während des Transports und der Lagerung in dieser Wasseraktivität gehalten werden. Für trockene Pellets ist die Wasseraktivität niedrig und die erwartete Textur ist knusprig und knusprig, aber wenn die Wasseraktivität außerhalb des idealen Bereichs steigt, werden die Pellets weich und unattraktiv.

Auf der anderen Seite haben halbfeuchte Leckerlis für Haustiere höhere Wasseraktivitätswerte und werden erwartungsgemäß eine weiche und formbare Struktur haben. Wenn die Wasseraktivität bei halbfeuchten Produkten außerhalb des idealen Bereichs abnimmt, werden sie hart und unerwünscht. Untersuchungen haben dokumentierte Veränderungen in der Knusprigkeit gezeigt, wenn knusprige Produkte auf verschiedene Wasseraktivitätswerte eingestellt werden. Unter Verwendung von sowohl sensorischen Panel-Daten als auch Instrumentierung war die Beziehung zwischen Knusprigkeit, wie vom Panel wahrgenommen, und Wasseraktivität im Wesentlichen linear, was die Identifizierung eines Wasseraktivitätsbereichs ermöglichte, in dem sich die Knusprigkeit von akzeptabel zu inakzeptabel veränderte. Im Allgemeinen werden knusprige Produkte ihre Textur beibehalten, bis sie über die kritische Wasseraktivität hinausgehen, wo ein sigmoidaler Verlust der Textur auftritt.

Eine Möglichkeit, wie die Wasseraktivität von trockenem Haustierfutter sich ändern kann, ist durch Feuchtemigration. In einer Verpackung von Haustierfutter wird Wasser zwischen den Stücken von Haustierfutter wandern, wenn sich die Wasseraktivitätsniveaus unterscheiden, unabhängig vom Feuchtigkeitsgehalt der Stücke. Wasser bewegt sich von hoher Wasseraktivität (Energie) zu niedriger Wasseraktivität und nicht von hoher zu niedriger Wasserkonzentration. Wenn weiche und harte Stücke bei unterschiedlichen Wasseraktivitäten kombiniert werden, wird Feuchtemigration auftreten und könnte zu Texturveränderungen für jeden der Bestandteile führen. Um dieses Problem zu vermeiden, müssen die harten und weichen Stücke auf die gleiche Wasseraktivität ausgelegt sein. Wenn Komponenten bei unterschiedlichen Wasseraktivitätsniveaus kombiniert werden, kann ein Modell verwendet werden, um die endgültige Gleichgewichtswasseraktivität vorherzusagen.

Eine andere Möglichkeit, wie die Wasseraktivität von trockenem Haustierfutter sich ändern könnte und zu unerwünschten Texturveränderungen führen könnte, ist die Exposition gegenüber hoher Raumfeuchtigkeit. Wie bereits im theoretischen Abschnitt beschrieben, ist die Wasseraktivität auch die Gleichgewichtsrelative Luftfeuchtigkeit und steht im Zusammenhang mit der Lagerfeuchtigkeit. Wenn ein Produkt mit einer Wasseraktivität von 0,40  $a_w$  einer Lagerluftfeuchtigkeit von 60% ausgesetzt wird, wird das Produkt Wasser aus der Umgebung aufnehmen, bis seine Wasseraktivität auf 0,60  $a_w$  ausgeglichen ist. Dieser Prozess dauert natürlich seine Zeit, aber wenn das Produkt nicht geschützt wird, wird die Wasseraktivität des Produkts außerhalb des idealen Bereichs steigen und weich werden.

Durch Platzierung des Produkts in feuchtigkeitsbarriere Verpackungen wird die Veränderung der Wasseraktivität verlangsamt. Die Rate der Veränderung der Wasseraktivität innerhalb einer Verpackung mit bekannter Feuchtigkeitsdurchlässigkeit kann mithilfe der Fickschen Diffusion modelliert werden, ebenso wie die erforderliche Verpackungsdurchlässigkeit, um eine gewünschte Haltbarkeit zu erreichen.

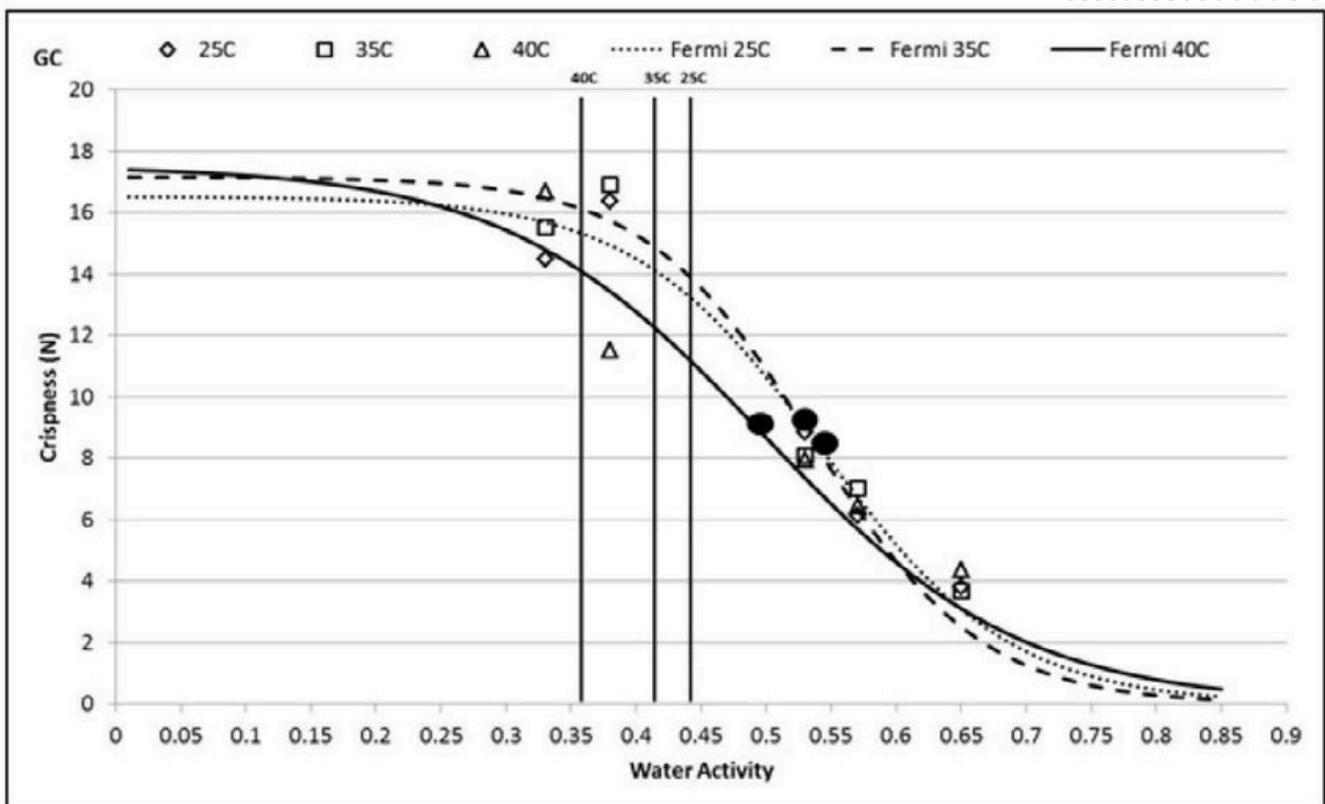


Abbildung 2. Verlust an Knusprigkeit in trockenem Heintierfutter aufgrund von Veränderungen der Wasseraktivität bei 3 verschiedenen Temperaturen (10)



# ÜBERPRÜFUNG DER ZUTATEN

Sobald eine ideale Wasseraktivitäts-Spezifikation identifiziert wurde, besteht die nächste Herausforderung darin, das Produkt konsequent auf diesem idealen Niveau herzustellen. Idealerweise könnten Produktionsparameter wie Ofentemperatur und Bandgeschwindigkeit festgelegt und bei jedem Produktionsdurchlauf gleich bleiben, um jedes Mal ein Produkt mit derselben Wasseraktivität herzustellen. Leider gibt es externe Faktoren, die Anpassungen der Produktionsparameter erforderlich machen. Diese Faktoren umfassen unter anderem Unbeständigkeiten bei den eingehenden Zutaten und Veränderungen in der Produktionsumgebung.

Wenn die Produktionsparameter ideal eingestellt sind, um die gewünschte Wasseraktivität zu erreichen, unter der Annahme, dass die eingehenden Zutaten eine bestimmte Wasseraktivität haben, wird eine Abweichung von dieser erwarteten Wasseraktivität ein Produkt mit variabler Wasseraktivität erzeugen. Typischerweise ist dies erst bekannt, wenn das erste Produkt fertiggestellt ist und die Qualitätskontrolle durchlaufen hat. Wenn das Produkt zu diesem Zeitpunkt nicht den Spezifikationen entspricht, muss es nachgearbeitet oder als Ausschuss entsorgt werden. Eine effektive Lösung, um Probleme aufgrund inkonsistenter eingehender Zutaten zu vermeiden, wäre die Verfolgung der Wasseraktivität der Zutaten und die Festlegung eines akzeptablen Bereichs, der ein Produkt produziert, das den Spezifikationen entspricht, mit einer begrenzten Anzahl von Produktionsanpassungen. Dies könnte leicht erreicht werden, indem eine Teilstichprobe der eingehenden Zutaten entnommen und ein Wasseraktivitätstest durchgeführt wird. Wenn der Test nicht den Anforderungen an die Wasseraktivität der Zutat entspricht, kann diese entweder abgelehnt oder die notwendigen Anpassungen an der Produktion vorgenommen werden, wissend, dass die üblichen Einstellungen nicht funktionieren werden. Viele Hersteller von Haustierfutter messen die Wasseraktivität ihres Endprodukts, aber die Idee, die Wasseraktivität zur Überprüfung der eingehenden Zutaten zu verwenden, könnte ein neues, aber potenziell nützliches Konzept sein.

# DIE WICHTIGSTE SPEZIFIKATION

Für Haustierfutter ist die Festlegung einer idealen Wasseraktivitätsspezifikation ein entscheidender Schritt bei der Formulierung für Sicherheit und Qualität. Die Spezifikation kann so eingestellt werden, dass mikrobielles Wachstum, chemische Reaktionen, physischer und struktureller Abbau sowie Feuchtemigration vermieden werden. Der ideale Wert kann basierend auf dem wahrscheinlichsten Versagensmodus festgelegt werden, wie zum Beispiel Texturverlust bei trockenen Produkten, chemischer Abbau bei halbfleuchten Produkten und mikrobielles Wachstum bei feuchtem Haustierfutter. Sobald die ideale Wasseraktivität festgelegt ist, kann eine Kombination aus Verarbeitung und Formulierung verwendet werden, um diese ideale Wasseraktivität zu erreichen. Die häufigsten Verarbeitungsschritte, die verwendet werden, um Produkte herzustellen, die die Wasseraktivitätsspezifikation erfüllen, bestehen darin, Feuchtigkeit durch Kochen oder Trocknen zu entfernen. Haustierfutter wird jedoch in der Regel auf Gewichtsbasis verkauft, sodass das Entfernen von Wasser auch das Gewicht des Produkts verringert und zu Umsatzeinbußen führt. Die Formulierung kann die Menge an Feuchtigkeit im Haustierfutter bei der Wasseraktivitätsspezifikation maximieren, indem Feuchthaltemittel hinzugefügt werden, die die Wasseraktivität senken, wie z. B. Zucker, Salz und Glycerin.

Zusätzlich wird die sorgfältige Überwachung der Wasseraktivität des Produkts auf der Produktionslinie überflüssigen Energieverlust und Gewichtsverlust aufgrund der Verarbeitung zur Senkung der Wasseraktivität unter das ideale Niveau eliminieren, was den Umsatz maximieren wird. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Festlegung einer idealen Wasseraktivitätsspezifikation, die Formulierung zur Erfüllung dieser Spezifikation und die Überwachung der Produktion mit häufigen Wasseraktivitätstests ein sicheres, qualitativ hochwertiges Produkt mit optimaler Haltbarkeit und maximalem Umsatz gewährleisten werden. Kurz gesagt ist die Wasseraktivität die wichtigste Spezifikation für Haustierfutter.



## Der Autor

Dr. Brady Carter ist ein leitender Forschungswissenschaftler bei Carter Scientific Solutions.

Er ist spezialisiert auf Anwendungen in den Bereichen Wasseraktivität und Feuchtigkeitssorption. Dr. Carter erwarb seinen Ph.D. und M.S. in Lebensmitteltechnik und Pflanzenwissenschaften an der Washington State University und einen B.A.-Abschluss in Botanik an der Weber State University. Er verfügt über 20 Jahre Erfahrung in Forschung und Entwicklung und war vor der Gründung seines eigenen Unternehmens in verschiedenen Positionen bei Decagon Devices und der Washington State University tätig. Dr. Carter ist derzeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter für die Novasina AG und die Neutec Group tätig. Er war Ausbilder für Wasseraktivitätsseminare in über 23 verschiedenen Ländern und hat vor Ort Wasseraktivitätsschulungen für Unternehmen auf der ganzen Welt durchgeführt. Er hat mehr als 20 Publikationen über Wasseraktivität, Feuchtigkeits-Sorptions-Isothermen und vollständige Feuchtigkeitsanalysen verfasst. Er hat an Hunderten von Vorträgen zu diesem Thema teilgenommen und auf zahlreichen wissenschaftlichen Konferenzen Vorträge gehalten. Er entwickelte das vereinfachte Paradigma der Haltbarkeit und das Modell der hygrothermischen Zeithaltbarkeit.

